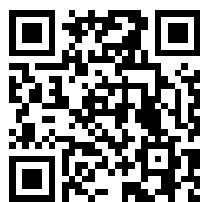

This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

<https://books.google.com>





A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

NYPL RESEARCH LIBRARIES



3 3433 10785 6852

2nd. m. 1844.
3rd. m. 1844.

3-VA
Société

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ
SCIENTIFIQUE INDUSTRIELLE
DE MARSEILLE

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ
SCIENTIFIQUE INDUSTRIELLE
DE
MARSEILLE

TOME SECOND

(Année 1874)

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

MARSEILLE

TYP. BARLATIER-FEISSAT PÈRE & FILS

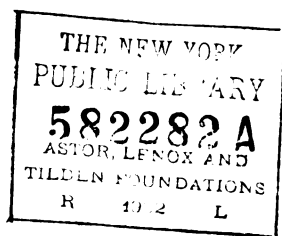
Rue Venture, 19.

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE & AGRICOLE

De EUGÈNE LACROIX

54, rue des Saints-Pères.



LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

au 31 Mars 1874.



MEMBRES DU BUREAU



Président honoraire :

M. PASCAL, O. *, Ingénieur en chef du Service maritime, boulevard de Rome, 46.

Président :

M. BIVER, P.-E., Administrateur-Directeur des charbonnages des Bouches-du-Rhône, rue de la Darse, 40 A.

Vice-Présidents :

MM. TERNANT, A.-L., Ingénieur, directeur du télégraphe oriental, boulevard Longchamp, 82.

VILLOT, E. *, Ingénieur des mines, rue des Tonneliers, 5.

BOUSQUET, A., Architecte du chemin de fer, rue Sénac, 26.

Secrétaires :

MM. STAPFER, D., Ingénieur des ateliers E. Duclos et C^o, boulevard Notre-Dame, 5.

ROUFFIO, F., Directeur de la Société d'assurances la *Préservatrice*, rue Sylvabelle, 116.

LAUGIER, Eugène fils, Ingénieur-chimiste, rue Thubaneau, 42.

Trésorier :

M. GAUTIER, Albert, Agent de change, rue du Jeune-Anacharsis, 12.

Bibliothécaires :

MM. D'HAUTHUILLE, Eugène, Ingénieur de la Compagnie des Forges et Chantiers, place Centrale, 4.

DUPUY, B., Ingénieur, Directeur de la Compagnie Immobilière, rue de la République, 42.

Commissaires :

- MM. LUGAND, P.-P., Ingén. des ateliers Saint-Joannis, rue Sainte, 31.
MARTEL, H., Agent des mines de Trelys, rue Pavillon, 3.
SANTI, G., fils, Opticien, rue Saint-Ferréol, 6.
TURCAT, T., Architecte, rue Suffren, 6.

MEMBRES FONDATEURS

MM.

- ACHARD, Solon, Ingénieur, Gérant de la Compagnie des ciments de la Valentine, cours Lieutaud, 420.
AGLOT, Agent général de la Compagnie du chemin de fer des Bouches-du-Rhône, rue Longue-des-Capucins, 35.
ALLAR, Gaudensi, Architecte, rue Rougier, 4.
ALLIES, Hippolyte, Notaire, rue Paradis, 50.
ANDIOL, H., Rentier, rue Nicolas, 48.
ARNAVON, H., *, Négoc., fab. de savons, rue Fort-Notre-Dame, 40-42.
ARNAUD, E., Fabricant de tuiles, à Saint-Henri (banlieue).
BARGMANN, L., Sous-Directeur de l'Exploitation, aux Docks.
BARLATIER, E., Imprimeur, rue Venture, 49.
BARRET, L., Ingénieur des Docks, hôtel des Docks.
BASTOUIL, Constructeur de charpentes, grande rue Marengo, 71.
BAUDOUIN, L., Administrateur-directeur des raffineries de Saint-Louis, rue de la République, 3.
BAUX, A., Négociant en soies, rue Vacon, 50.
BÉRENGIER, L., Architecte, rue Saint-Savournin, 20.
BERNABO, F., Fabricant d'huile, rue Longue-des-Capucins, 65.
BONGARD, F., Négociant, boulevard de Rome, 58.
BOULOUVARD, J., Architecte, grande rue Marengo, 3.
BOUQUET, F., Ingénieur-chimiste, rue Venture, 8.
BOUSQUET, J., Architecte, rue Sénac, 25.
BOUSQUET, E., Architecte, rue Sénac, 25.
BUBATON, G., Négociant-armateur, cours Pierre-Puget, 3.
CAHIER, L., Architecte, rue de la République, 26.
CAYOL, H., Photographe, rue Saint-Ferréol, 50.

MM.

- CAYOL, M., Photographe, rue Saint-Ferréol, 50
CKIANDI, A., Ingénieur-chimiste, rue des Templiers, 25.
CLAUZEL, M., Ingén. civil, rue Paradis, 283.
COMMERSON, Directeur des raffineries de la Méditerranée, boulevard National, 200.
COSTA, J., Directeur de Compagnie d'assurances, rue des Chartreux, 15.
DARIER, E., Négociant, fabricant d'huile et de savon, rue des Arcades, 2.
DELVAU, G., Fabricant d'huile, rue d'Alger, 60.
DÉMÉNIEUX, Al., Architecte, rue d'Alger, 7.
DENAMIEL, E., Ingénieur des Ponts-et-Chaussées, rue d'Arcole, 6.
DESGRANCHAMP, T., Chef de dépôt à la gare de Marseille, boulevard Tricon, 26 (maison Talabot).
DOBLER, E., négociant en soies, rue Breteuil, 20.
DUBOST, A., Ingénieur-mécanicien, rue Falque, 49.
DUCLOS, E., Constructeur-mécanicien, boulevard de la Major, derrière les Docks.
DUFOUR, E., Ingénieur civil, cours Lieutaud, 139.
ESPÉRANDIEU, H., *, Architecte de la Ville et architecte en chef de la Cathédrale, rue Venture, 8.
ESTRANGIN, A., *, Directeur du Crédit Agricole, rue Grignan, 43.
ESTRANGIN, H., Négociant, place Paradis, 7.
FRAISSINET, L., Armateur, boulev. du Muy, 8, et place de la Bourse, 6.
FUNEL, J., Constructeur-mécanicien, boulevard National, 243.
GABELLE, A., Constructeur de charpentes en fer, boul. de la Liberté, 35
GALINIER, F., Négociant-marbrier, rue Dragon, 97.
GIBBAL, J.-B., Ingénieur civil, boulevard Notre-Dame, 54.
GIRAUD, Négociant (de la Maison Giraud), rue Sainte, 42 B.
GLEIZE, G., Ingénieur, Directeur du Canal et de la Voirie vicinale, rue de Village, 24.
GOUIN, E., *, Ingénieur, Directeur de la Société des Transports Maritimes, rue de l'Arsenal, 23.
GUILBAULT, Jules, Ingénieur civil, grande rue Marengo, 56.
GUITTON, E., Ingénieur de la Compagnie du Gaz méridional, cours Lieutaud, 86.
GUISAN, E., Ingénieur de la Société générale des pétroles, route d'Aix, aux Crottes.

MM.

- JEAN, Ch., Fabricant verrier à la Destrousse, rue Estelle, 35.
JULIEN, A., Fabricant de produits chimiques, rue des Princes, 2.
JULLIEN, E., Négociant-tanneur, boulevard de la Magdeleine, 2.
JULLIEN, A., Négociant-tanneur, boulevard de la Magdeleine, 2.
LABARRE, L., Constructeur-mécanicien, boulevard National, 375.
LAGANE, A., Ingén. en chef des chantiers de la Seyne, à la Seyne (Var).
LAGRAFEL, L., Ingénieur de la Compagnie Fraissinet, chemin de la Madrague.
LATTES, Ingénieur-chimiste des raffineries de Saint-Louis, rue de la République, 3.
LEENHARD, A., Directeur de la fabrique de Pétrole d'Arenc, rue Estelle, 36.
LE MÉE, Ingénieur, fabricant de savon, cours Pierre-Puget, 17.
LEROY, Ingénieur de la Société Générale des Transports Maritimes, rue Reinard, 31.
LETZ, J., Architecte en chef du Département, place de la Rotonde, 10.
LIEUTIER, L., Chimiste, rue du Coq, 31.
LOMBARD, E., Ingénieur-chimiste, rue Venture, 8.
LONG, B. Négociant, boulevard de la Magdeleine, 64.
MARTIN, E., Architecte, rue des Bons-Enfants, 49.
MARTIN, F., Architecte, rue Reynard, 20.
MÉNARD, F. (de le Jeune de Ménard), constructeur-mécanicien, cours Lieutaud, 44.
MEYNIER, F., Chimiste, à Saint-Barnabé.
MICHEL, D., Directeur de la Compagnie des ciments de la Méditerranée, rue Consolat, 3.
MIRANDE, Architecte, rue Barthélemy, 23.
MONNIER, D., Ingénieur civil, rue Venture, 8.
MOUREN, A., Architecte diocésain, boulevard Philippon, 4.
MOUREN, E., Architecte, rue de la Rotonde, 54.
NAEGELI neveu, Négociant en coton, cours Pierre-Puget, 44.
NICLOSSE, J., Ingénieur-mécanicien, rue Sébastopol, 3.
NICOLAS, J., Ex-capitaine du génie, rue Sylvabelle, 73.
NUGUE, M., Négociant dépositaire en glaces, rue Paradis, 65.
OLIVIER, A., Ingénieur civil, rue Paradis, 54.

MM.

- OLIVIER, R., Ingénieur civil, rue Paradis, 54.
PAQUET, N., Armateur, place Centrale, 4.
PASCALIS, F., *, Ingénieur civil, grande rue Marengo, 18.
PASTORELLY, J.-A., Négociant, rue Puget, 11 A.
RENARD, C., Fabricant de soude, rue Armény, 1.
DE RETZ (de Serviez), Ingénieur en chef des Hauts-Fourneaux de Saint-Louis, à Saint-Louis.
REYNÈS, P., Directeur du Muséum, rue Clapier, 14.
REYNOARD, A., Architecte, rue Reynard, 8.
RICHAUD, J., Architecte, rue Estelle, 22.
RONDEL, E., Banquier, rue Montgrand, 91.
ROSTAND, J., administrateur du Gaz Méridional, rue Paradis, 59.
ROSSAT, A., Ingénieur civil, boulevard de la Liberté, 36.
ROULET, Versan fils, fab. d'huile et de savon, cours Pierre-Puget, 64.
ROUSSELLIER, J., Ingénieur civil, rue Grignan, 2.
ROUSSIER, C., Banquier, rue Grignan, 10.
ROUSTAN, L., Chimiste, rue des Feuillants, 6.
ROUX, A., Ingén., Directeur de la voirie municipale, cours Lieutaud, 4.
ROUX, H., Directeur de la Société du Laurium, rue Montgrand, 56 A.
ROZAN, L., Affineur de plomb, cours Pierre-Puget, 95.
DE RUELLE, P., Docteur en médecine, place de la Joliette, 5.
SAINT-JOANNIS, Constructeur d'appareils en cuivre, rue Sainte, 31.
SANTI, A., Opticien, rue Saint-Ferréol, 6.
SEVOZ, Victor, Ingénieur civil, cours Lieutaud, 143.
SICARD, E., Ingénieur aux Forges et Chantiers de la Méditerranée, rue d'Arcole, 4.
TALON, E., *, Directeur des Messageries Maritimes, rue d'Arcole, 7.
TARDIEU, E., Ingénieur civil, Marché des Capucins, 7.
TASSY, C., *, Ingénieur en chef de la Compagnie du chemin de fer de Paris à la Méditerranée, rue du Théâtre-Français, 1.
TERRIS, A., Négociant, rue Armény, 3.
THIBAUDET, E., Ingénieur de l'Usine à gaz d'Arenc, boulevard du Gaz.
THIOLLIER, A., Ingénieur civil, rue Curiol, 82.
VELTEN, A., neveu, Négociant-brasseur, rue de la Joliette, 26.
THOMAS-PAYEN, E., Ingénieur-chimiste, allées du Prado, 111.

MM.

VERDIER, L., Architecte, rue Paradis, 64.

VÉSIGNIE, O., Ingénieur en chef des ateliers des Messageries Maritimes à la Ciotat.

VIALLET, J., Ingénieur civil, cours Lieutaud, 444.

MEMBRES ASSOCIÉS**MM.**

BIVER, H., Directeur général des Manufactures de glaces de la Société de Saint-Gobain, rue du Cherche-Midi, 24 (Paris).

BUISSON, Amédée, Directeur des Mines et Usines de Manosque (Basses-Alpes).

CHABAUD, L., Directeur des Mines Ouest de Graissessac à Saint-Gervais (Hérault).

DÉROS, Ingénieur-chimiste à Grigny (Rhône).

FANJOUX, Secrétaire-général de la Société Nouvelle des Forges et Chantiers de la Méditerranée; Siège à Paris, rue Notre-Dames-des-Victoires, 28.

MESDACH DE TERKIÈLE, Ingénieur, rue Saint-Paul, 28 (Paris).

DE MONT-RICHER, H., Ingénieur attaché à la Direction des travaux du chemin de fer de Paris-Lyon à la Méditerranée, rue Fontanes, 3 boulevard Saint-Germain, Paris.

PÉLOUZE, Eugène, Administrateur de la Compagnie Parisienne du gaz, rue Saint-Lazare, 55 (Paris).

PERNOLET, Ingénieur civil, rue de Compiègne, 2 (Paris).

REVOLLIÉ, Constructeur-mécanicien à Saint-Etienne (Loire).

SÉVOZ, D., Ingénieur aux Forges de Fraisans (Jura).

SIMON, Victor, Mécanicien à Aix (Bouches-du-Rhône).

TROUMP, E., Architecte à Athènes (Grèce).

VIOLE, Professeur de Physique à la Faculté de Grenoble (Isère).

MEMBRES CORRESPONDANTS**MM.**

DONY, Ingénieur-chimiste, Directeur de la Société de Produits Chimiques Agricoles, à Bordeaux. (Gironde.)

FLOURNOIS, Professeur de la classe d'Industrie à la Société des Arts, à Genève (Suisse).

MM.

JORDAN, Ingénieur, Professeur à l'Ecole Centrale, rue de Bruxelles, 45, Paris.

JOUBERT, J., Professeur de physique au Lycée de Montpellier (Hérault).

LACOINE, chef du bureau d'Études, des télégraphes ottomans, à Constantinople. (Turquie.)

LOBIN, Mécanicien à Aix (Bouches-du-Rhône).

MARMIESSE, Ingénieur aux Forges et Chantiers, ateliers du Havre (Seine-Inférieure).

FACULTÉ DES SCIENCES

MM.

AOUST (l'Abbé), Professeur de Mathématiques, rue de l'Union, 49.

CROULLEBOIS, » de Physique, traverse du Chapitre, 4.

DERBÈS, » de Botanique, rue Reinard, 35.

DIEULAFAIT, » de Géologie, boulevard Longchamp, 61.

FAVRE, » de Chimie, Allées de Meilhan, 39.

MARION, » de Zoologie, rue de la Rotonde, 30.

MORIN, » de Mécanique, chemin des Chartreux, 83.



VARIATIONS DU MOMENT DE ROTATION

DANS LES MACHINES MARINES

Par **M. STAPPER,**

Ingénieur des ateliers E. Duclos et C^e.



L'étude des enveloppes de vapeur a montré que

1° Les machines à cylindres successifs devaient nécessairement donner des rendements supérieurs à ceux des machines à cylindres simples.

2° Le rendement des machines à enveloppes n'est pas supérieur à celui des machines sans enveloppes, malgré la différence du mode d'action de la vapeur dans ces deux cas, puisque le travail, entraîne une condensation de vapeur qui se produit soit dans l'enveloppe, soit dans le cylindre.

Il reste à savoir quel est le système de machine à cylindres successifs que l'on doit préférer, spécialement dans les cas où les volants ne peuvent être employés, comme dans les machines de bateaux.

La supériorité d'une machine de bateau, à rendement égal à l'indicateur, dépend de la régularité de l'effort tangentiel ou moment de rotation. Au point de vue de l'entretien et de la sécurité, il est évident et l'expérience l'a prouvé maintes fois, qu'un arbre de couche qui supporte un effort de torsion constant, fatigue peu ; tandis que, soumis à des variations répétées de l'effort de torsion, il se brise dans un temps limité.

Au point de vue de l'utilisation de l'hélice, les variations du moment de rotation se traduisent par des changements de vitesse et font varier le recul de l'hélice ; car la masse du navire est généralement trop grande pour suivre les variations brusques de vitesse du moteur.

En effet, comme l'a dit M. Mac Farlane Gray : L'irrégularité qu'on observe dans le mouvement est moindre en réalité que celle qui serait due à la variation des moments de rotation, parce que les pièces

animées d'un mouvement circulaire font volants, mais leur rayon de giration est faible, et leur moment est en général peu de chose en comparaison de celui du navire lui-même.

Dans le cas d'un navire de 3000 tonneaux de déplacement marchant à la vitesse de 10 nœuds à l'heure, et mû par une hélice de 7^m 60 de pas, faisant 50 tours par minute, la puissance vive contenue dans la masse du navire représente la puissance développée par les machines pendant 92 tours.

Une variation du moment de rotation pendant une fraction de tour, ne peut avoir qu'une influence absolument insignifiante sur la vitesse du navire, et même si cette variation se produisait pendant un quart de tour avec une valeur supérieure de moitié à l'effort moyen elle ne produirait sur le navire, pendant cette période de temps, qu'une augmentation de vitesse de 0^m 0017. Cependant la perte de puissance due au recul de l'hélice est accrue par les irrégularités dans la puissance motrice parce que le recul lui-même devient irrégulier.

La perte de travail est proportionnelle au cube du recul, tandis que l'effet utile varie comme le carré, il en résulte que si, pendant des intervalles de temps égaux, à diverses phases d'un tour, les valeurs du recul sont 40 et 20 % de l'avancement du navire, soit 30 % en moyenne; l'effet utile serait égal à celui que produirait une puissance uniforme avec un recul uniforme de 31 1/2 %, mais la perte par le recul serait 36 % de l'effet utile.

Les diagrammes ci-joints indiquent à chaque point de la circonférence décrite par le bouton de manivelle le moment de rotation qui s'y applique en vertu de la pression de la vapeur sur les deux pistons et leurs bielles en supposant la longueur des bielles égale à 4 fois le bras de manivelle, et en prenant en chaque point de la course montante ou descendante, les pressions données par les courbes d'indicateur et non par des courbes plus ou moins théoriques.

Dans l'étude de ces diagrammes il n'a pas été tenu compte du poids des pièces et de leurs moments.

Il n'a pas non plus été tenu compte du frottement des glissières, qui est maximum à mi-course, ni du frottement des tourillons dans les paliers, qui est maximum près du point mort.

Il s'en suit que le travail déduit du diagramme de rotation est le même que celui donné par le diagramme de l'indicateur, c'est-à-dire que la surface de ces figures est sensiblement la même sauf les erreurs du dessin.

Les deux premiers diagrammes s'appliquent à une machine dite *Compound*; c'est-à-dire composée de deux cylindres pilons, placés l'un

à côté de l'autre, et agissant sur des manivelles calées à 90° l'une de l'autre.

La vapeur introduite en proportion variable dans le petit cylindre, s'échappe dans un réservoir intermédiaire, à peu près trois fois plus grand et ensuite agit en détente dans le grand cylindre dont le volume est de 5 fois le petit.

On voit que, pour une introduction de 0.75 au petit cylindre, c'est-à-dire une détente réelle de 7 fois, le plus petit effort tangentiel est encore les $\frac{2}{3}$ du plus grand effort. Le mouvement de rotation est en conséquence d'une très-grande régularité que je désignerai par le coefficient de 0.66.

Pour une introduction au petit cylindre de 0.50 seulement, c'est-à-dire une détente réelle de 10 fois, l'effort tangentiel minimum est encore $\frac{2}{5}$ de l'effort maximum, et le mouvement de rotation, surtout pour la vitesse normale de 60 tours est encore d'une très-grande régularité, représentée par 0.40.

On voit donc qu'avec des machines Compound à 2 cylindres seulement, détendant jusqu'à une demi-atmosphère malgré les enveloppes, il est possible d'obtenir un mouvement rotatif presque uniforme.

Le troisième diagramme est celui d'une machine transformée par la superposition de petits cylindres sur les grands. Cette disposition, très-usitée en Angleterre, même dans les machines neuves, constitue une double machine Woolf où tout est symétrique. Chaque manivelle est actionnée par deux pistons montés sur la même tige, l'un ayant une surface quatre fois plus grande que l'autre.

Ces machines, qui ont des manivelles à 90° , ont une régularité comparable à celle des anciennes machines à $\frac{3}{4}$ d'introduction.

Ce diagramme montre que pour $\frac{6}{10}$ d'introduction au petit cylindre, c'est-à-dire une détente réelle de 7 fois, l'effort tangentiel minimum est un peu moins de $\frac{2}{3}$ de l'effort maximum.

Une telle machine donne donc un mouvement de rotation dont la régularité est représentée par le coefficient 0,66, de même que le Compound a la même détente, mais par l'emploi de 4 cylindres au lieu de deux, ce qui est à considérer au point de vue de l'entretien et du poids des pièces.

Le 4^{me} diagramme est celui d'une machine Compound du constructeur écossais Scott.

Ce Constructeur, dont l'exemple a été suivi par plusieurs autres chantiers de l'Ouest, a été un des premiers à faire varier le calage des manivelles d'une machine Woolf, sans ajouter de réservoir. On sait que les deux pistons d'une machine Woolf doivent agir sur la même

manivelle ou sur des manivelles directement opposées, afin que l'échappement du petit cylindre corresponde à l'introduction du grand.

On sait aussi qu'il est reconnu bon de faire commencer l'échappement environ $\frac{1}{10}$ de la course avant le point mort et de faire commencer l'introduction environ $\frac{1}{100}$ de la course avant le point mort.

Ces chiffres permettent de caler les manivelles non pas à 180° , mais à 140° .

Il suffit d'augmenter un peu plus le calage des excentriques au petit cylindre pour pouvoir placer les manivelles à 135° , sans qu'un réservoir soit nécessaire entre les deux cylindres. La régularité de rotation de ces machines laisse à désirer, aussi les fait-on tourner très vite (70 à 80 tours); la marche en arrière est très défectueuse et exige quelquefois une prise de vapeur supplémentaire, lorsque la boîte à tiroir n'est pas assez grande pour former réservoir.

Le diagramme indique, en effet, que l'effort tangentiel minimum n'est que de $\frac{1}{8}$ de l'effort maximum pour une détente réelle de 8 fois; régularité 0.20.

Ces machines donnent encore de bons résultats et se prêtent facilement à la suppression des enveloppes, puisque les surfaces de refroidissement sont très réduites.

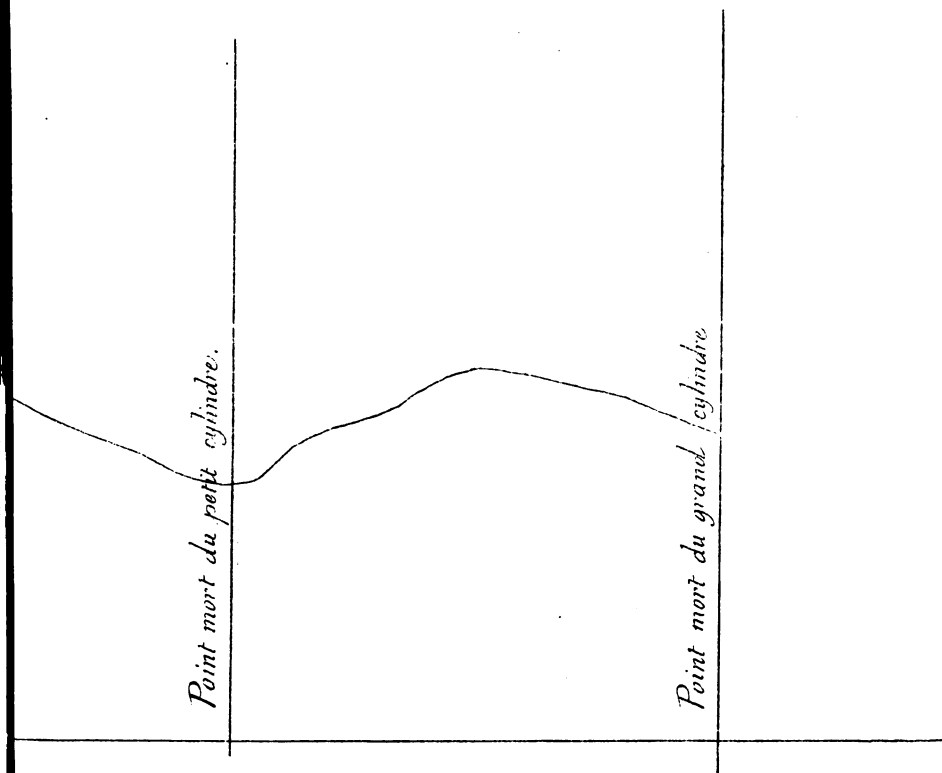
Le 5^{me} diagramme est celui d'une machine à trois cylindres.

Dans ce système, beaucoup prôné par M. Dupuy de Lôme, il y a quelques années, et qui, pour les basses pressions, se compose de trois cylindres égaux, on a cherché à rendre mieux équilibrée la machine de Scott. En effet, en plaçant une troisième manivelle calée à 135° du côté de la marche arrière, la machine aura ses deux marches réglées également, les deux grands cylindres ayant leurs manivelles à 90° agissent comme ceux d'une machine ordinaire si l'on suppose que le petit n'agisse que comme distributeur.

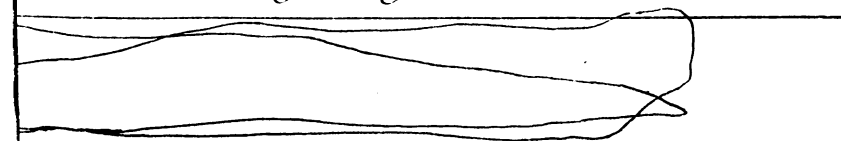
Et si, au contraire, le petit cylindre fait une force égale à celles des grands, les efforts se trouvent répartis sur trois points équidistants de la circonférence. Mais le plus souvent, avec les hautes pressions, le petit cylindre fait trop de force; dans la machine prise pour exemple, en effet, le petit cylindre a un volume de plus des $\frac{2}{3}$ d'un grand, et pour augmenter la détente on n'y introduit la vapeur qu'aux 40 centièmes.

De cette façon, les deux grands cylindres considérés seuls donnent bien une ligne sensiblement droite, mais les points morts du petit cylindre se sentent beaucoup trop sur la courbe totale.

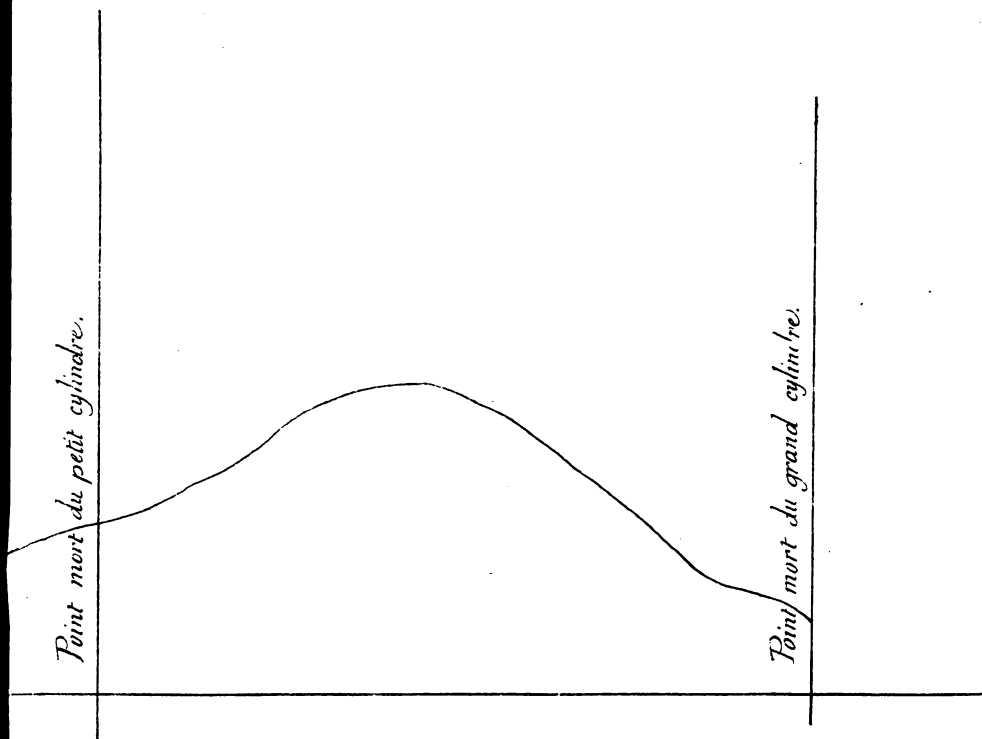
Compound,



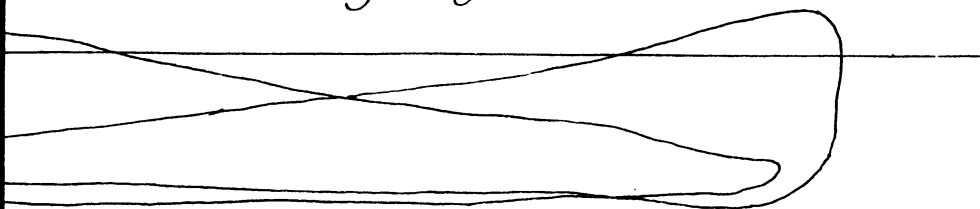
Indicateur du grand cylindre).



de Scott.



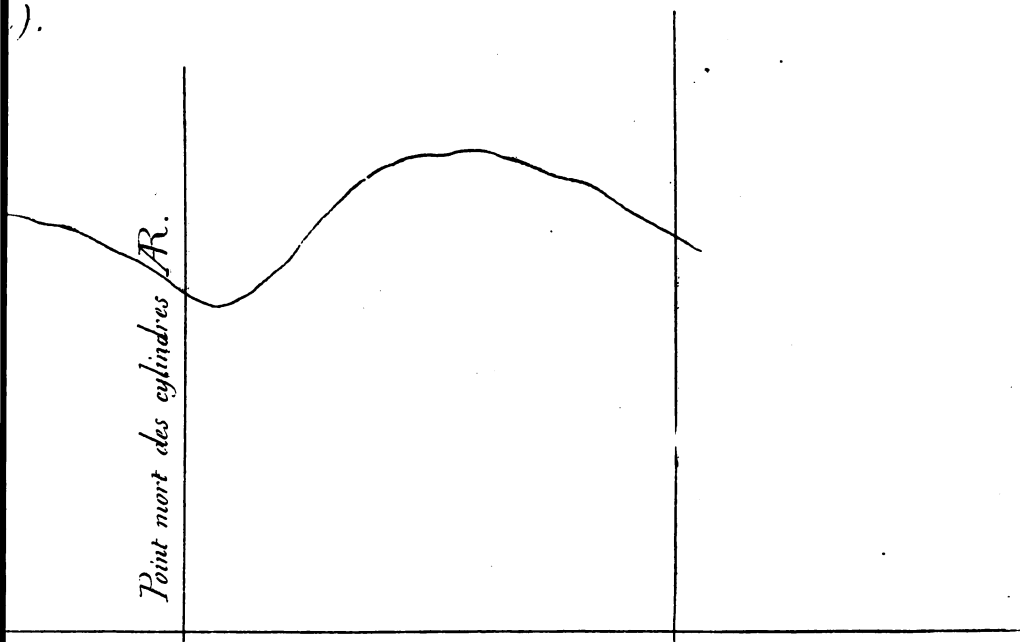
Indicateur du grand cylindre.



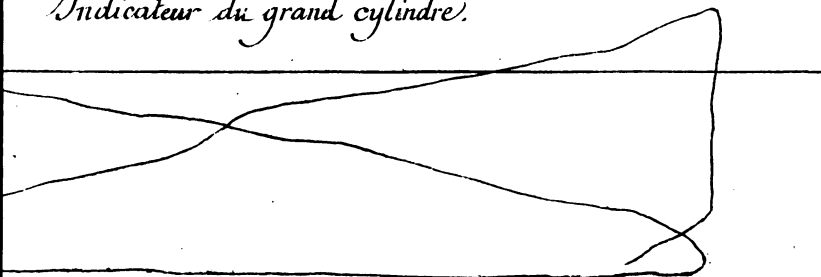
e Woolf à 4 cylindres.

b)

c).



Indicateur du grand cylindre.

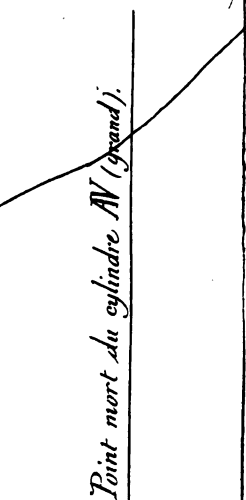


5.

Machine

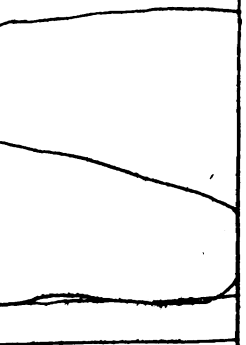
dans 2 autres à 135

(avec enveloppe)



entre le minimum
nale 0^{re} 50.

e).



En somme, on voit que malgré la régularité très réelle de la marche de ces machines, l'effort tangentiel minimum n'est que les $\frac{2}{7}$ de l'effort maximum.

Régularité représentée par le coefficient :

0,30

Il serait très intéressant d'introduire dans l'étude de ces courbes les frottements et surtout le poids des pièces.

Les machines Pilon ont justement l'inconvénient d'introduire plus de vapeur pendant la course descendante que pendant la course montante ; c'est une cause d'irrégularité qui est accrue par le poids des pistons, bielles et manivelles.

On a cherché à équilibrer le poids des pièces par des contre-poids et même des volants, mais on perd ainsi en frottements une bonne partie de ce qu'on gagne en régularité.

Mais depuis quelques années, Elder, en Angleterre, et M. Dupuy de Lôme, en France, ont essayé, pour les grandes machines, de placer quatre cylindres à la suite les uns des autres, les deux petits ayant leurs manivelles opposées à celles des grands (Woolf), et chaque paire étant à 90° de l'autre.

De cette façon, pendant que deux pistons montent les deux autres descendent et les équilibrent en grande partie.

Les frottements sur les paliers sont aussi réduits au minimum par l'action de ces couples.

Le diagramme d'une telle machine serait tout à fait comparable à celui de la machine à 4 cylindres de la figure 3, c'est-à-dire que le coefficient de régularité doit être de près de 0.70.

Mais l'action des poids doit plutôt l'augmenter que le diminuer.

Quant à l'objection des 4 cylindres, elle serait très-grave pour une machine de 200 chevaux, elle l'est beaucoup moins au-delà de 400 chevaux.

La disposition adoptée sur l'*Etoile du Chili* réduit du reste l'espace occupé au minimum et n'exige que 4 tiroirs exactement comme les machines à 3 cylindres.

Je n'ai pas fait de diagramme de machines à cylindres indépendants avec grande détente, parce que les seuls exemples de machines de ce type ayant donné de bons rendements existent à la Compagnie Russe et à la Compagnie Péninsulaire-Orientale et viennent rarement à Marseille. Ces machines marchent généralement à moyenne pression (30 livres anglaises = 3 atmosphères absolues).

Elles détendent 4 à 5 fois, et si leurs consommations sont comparables à celles des Compound, il est avéré qu'elles cassent leurs arbres très-fréquemment malgré leurs dimensions exagérées.

Ce qui indique fort peu d'uniformité dans le couple de rotation.

Quant aux machines de terre, elles sont rarement accouplées, et on se contente généralement d'obtenir une uniformité relative du mouvement rotatif au moyen de volants.

C'est ainsi que les machines de Farcot ou de Corliss arrivent à tourner assez régulièrement avec un seul cylindre et une détente de 5 à 10 fois.

Sur les navires il y a quelques exemples de machines à un seul cylindre ou à deux cylindres superposés, qui, avec de très-grandes roues ou un volant de quelques tonnes, ont donné de très-bons résultats.

Tout le monde connaît les machines des steamers à roues américains, avec ou sans balancier, et les machines pilons à cylindre superposés de M. Holt, de Liverpool, dont les navires ont les premiers battu les clipper à voiles dans les transports de thé.

Sur de telles machines les diagrammes n'indiqueraient rien, mais en pratique, on y a trouvé un bénéfice considérable, dû non seulement à l'effet de régularisation du volant pendant les diverses phases d'un même tour, mais aussi à son action comme modérateur, pendant les périodes plus longues, où la résistance de l'hélice varie par le tangage du navire.

L'effort transversal, produit sur l'arbre par l'action gyroscopique du volant, lors des mouvements de tangage, a donné lieu à quelques appréhensions. Dans les machines Compound en construction sur les plans de M. Holt, avec une seule manivelle et un volant, ce volant a 3^m657 de diamètre. Sa gente pèse 7 tonnes et le nombre de tours doit être de 60 à la minute pour 600 chevaux indiqués.

Si le tangage du navire est tel que la vitesse de déplacement du volant dans le sens vertical, soit de 30 centimètres par seconde, et la vitesse de la machine momentanément doublée, l'effort transversal déterminé sur l'arbre de l'hélice se trouve égal au poids du volant, agissant sur un bras de levier de 30 centimètres. Cet effort serait insignifiant.

A titre de renseignement, j'ajouterai que William Mac Nal de Greenock a présenté avant 1860 des machines Compound à angle droit et des machines à 3 cylindres à 120°, le petit détendant dans es deux autres.



ÉTUDE SUR DIVERS GISEMENTS DE COMBUSTIBLES

DANS LA PROVINCE DE TERUEL (ESPAGNE)

Par M. VILLOT,

Ingenieur au corps des Mines.

INTRODUCTION

C'est un fait connu que les dépôts carbonifères sont très répandus dans la Péninsule Ibérique.

Quelques-uns ont commencé à être largement exploités, un très grand nombre, au contraire, attendent pour être mis en activité sérieuse que le développement de l'industrie, l'amélioration des voies de communication et la hausse du prix des combustibles minéraux plus anciennement exploités, leur permettent d'entrer en concurrence avec les bassins carbonifères dont jusqu'à présent la consommation espagnole a été exclusivement tributaire.

Les chiffres suivants que j'extrais de l'ouvrage de M. Denis de Lagarde : (*De la richesse minérale de l'Espagne*), offrent un intérêt véritable et corroborent ce qui précède.

La production de l'Espagne, en combustibles minéraux, a été pendant l'année 1869 ,

Houille :

Province d'Oviedo.....	367,000 tonnes.
» de Valence.....	90,000 »
» de Cordoue.....	80,000 »
Reste du territoire Espagnol.	13,000 »
Total en houille.....	550,000 tonnes.

Lignite :

Province de Barcelone.....	18,500 tonnes.
» de Guipuzcoa.....	7,400 »
» de Teruel.....	4,300 »
Reste du territoire Espagnol.	9,200 »
Total en lignite.....	39,400 tonnes.
Total pour les deux combustibles.....	589,400 »
Soit environ 600,000 tonnes.	

La consommation est bien supérieure et peut être évaluée, je pense, entre le double et le triple de ce chiffre.

Avant d'entamer l'étude des gisements qui font l'objet de la présente notice, je mentionnerai ceux qui, à peu près dans la même région, me sont plus ou moins connus, soit par les documents que j'ai eus sous les yeux, soit par la notoriété publique.

Divers gîtes
de combustibles dans
le bassin de l'Ebre.

Indépendamment des gisements d'Utrillas, d'Escucha, de Gargallo, d'Estercuel, de Cabre et de Palomar, qui se tiennent, on peut dire par la main, et qui ont été parcourus, non compris non plus celui d'Ariño, qui a été examiné en passant, on cite ceux de Valde-Conejos, séparé d'Utrillas par la chaîne ou Loma de San-Justy-Pastor, de Santolea, de las Cuevas, de Castillotte, d'Aliaga, tous quatre dans la vallée du Rio-Guadalupe; ceux de Benifazar, au nord de la province de Valence; celui d'Uldecona, le plus voisin de la mer, qui n'en est distant que de 15 kilomètres. Uldecona est même une station du chemin de fer de Valence à Barcelone, et il est certain que si le combustible y est seulement d'assez bonne qualité, il y a là un bassin des plus intéressants à cause de sa position.

En remontant vers le Nord, il ne faut point oublier le gîte de la Granja sur la rive gauche de l'Ebre, dans la vallée du Rio-Segre, non loin de son embouchure dans l'Ebre, au-dessous de Mequinenza; ce gîte doit être important; il est exploité plus sérieusement que tous ceux qui viennent d'être mentionnés, y compris même (c'est tout au moins très probable) les gîtes d'Utrillas; enfin, je citerai en dernier lieu, le bassin houiller de San-Juan-las-Abadesas, au nord de la Catalogne, tout près des Pyrénées, qui, si l'on en croit des renseignements divers et concordants, contient d'abondantes richesses en charbon qui n'attendent, pour être jetées sur le marché de Barcelone, que la fin d'un chemin de fer de moins de 100 kilomètres, dont la moitié à peu près, le tronçon entre Vich et Granollers, est terminée.

Tous ces gîtes doivent être évidemment d'importance très-variable; il serait néanmoins téméraire de croire qu'aucun d'eux n'est sérieux et pour un au moins, le contraire est certain.

On ne doit pas oublier cela, quand on se propose de développer l'extraction dans un de ces gîtes en particulier.

Je reviens à ceux sur lesquels mon attention a dû se porter plus spécialement.

J'adopterai l'ordre suivant dans l'étude qu'on va lire.

Je commencerai par exposer d'une manière très sommaire et au point de vue purement minier, la constitution géologique de la contrée explorée ; je décrirai ensuite les gîtes ou du moins ce qu'il a pu en être observé et souvent ce sera peu de chose ; tel sera l'objet d'un premier chapitre. Le chapitre II abordera ensuite les questions de quantité, qualité des charbons, probabilités plus ou moins grandes d'espérer des débouchés avantageux, et de concurrencer les charbons anglais ou autres, alimentant le port de Barcelone ou les autres points de consommation importante de la contrée espagnole.

CHAPITRE PREMIER.

CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DE LA CONTRÉE, AU POINT DE VUE PUREMENT MINIER.

§ 1^{er}. — Généralités.

Les gisements dont il va être question sont situés dans la province de Teruel, placée au sud de l'ancien royaume d'Aragon et sur les limites de la province de Valence. Elle est traversée par la sierra d'Albarracin, dont les dernières ramifications viennent mourir au coude de l'Ebre, au-dessus de Tortose. Sur le versant nord de cette sierra, les cartes même peu détaillées figurent la petite ville de Montalban, située sur le Rio-Martin, l'un des affluents de l'Ebre. Sa position exacte est à quelques minutes près de 3° longitude occidentale de Paris et 40° 50' latitude Nord ; elle est à 130 kilomètres de la mer, à 70 kilomètres de l'Ebre, à 110 kilomètres de Saragosse, à 280 kilomètres de Barcelone et à 300 kilomètres de Madrid, toutes ces longueurs étant comptées en ligne droite.

Situation
géographique.

Les gisements visités sont aux environs de cette petite ville, à des distances variant de 4 kilomètres (Utrillas) à 28 kilomètres (Ariño).

Ces localités ont, sous le rapport purement scientifique, exercé la sagacité de maints géologues espagnols, allemands et français, et

comme il arrive très souvent en pareille matière, des opinions assez divergentes ont été émises sur le classement des étages qu'on y rencontre.

Je n'ai point à faire ici de la controverse scientifique que m'interdirait entre autres choses le peu de temps que j'ai passé sur les lieux.

Fort heureusement, il n'en est pas besoin pour le but particulier que j'ai en vue. Au point de vue purement stratigraphique, les faits sont assez simples et leur interprétation comme classification géologique nous importe peu ; on peut, au point de vue minier, diviser les différentes formations de la manière suivante en allant de bas en haut.

Division
stratigraphique
du terrain.

1° De grandes masses d'un calcaire généralement de couleur claire et subcristallin sur lesquelles reposent les formations carbonifères. Je les appellerai les calcaires A ou calcaires inférieurs ;

2° Un premier étage à lignite, compris dans des calcaires jaunes en couches minces ou médiocres, plus ou moins siliceux, contenant peu d'argiles et peu de sables désagrégés. Je les appellerai calcaires ou grès à Trigonies, à Cérîtes ou encore à Cassiopes, et je les désignerai aussi par la lettre B ;

3° Au-dessus des calcaires siliceux B, une masse très remarquable comme aspect, et se reconnaissant de très loin, composée quand elle est complète, à la partie inférieure, d'argiles bleues ou brunes, de couleurs dans tous les cas foncées, surmontées de bancs de sable bigarrés, blancs, jaunes, rouges, lie de vin, etc..., avec des concrétions ferrugineuses qui passent même au véritable minerai de fer.

Ce paquet de sables et argiles bigarrés sera désigné par la lettre C ;

4° Enfin au-dessus des couches C, se développe un puissant étage de calcaires ayant de l'analogie avec les bancs A, mais évidemment bien supérieurs géologiquement et stratigraphiquement parlant. La lettre D, les désignera sans préjuger autrement l'étage géologique auquel ils appartiennent (1).

(1) Pour les personnes que cela peut intéresser, je dirai, relativement à la position exacte de ces quatre ensembles dans l'échelle géologique, que les calcaires A comprennent divers étages depuis le lias moyen jusqu'aux calcaires à Chama (Urgonien) ; que les calcaires jaunes B représentent pour moi l'étage aptien caractérisé par ses fossiles (*Plicatula placunea*, *Ostrea aquila*, *Ostrea Boussingaultii* ou *flabella*, *Echinos-*

Lorsqu'on part de Samper de Calanda, pour se rendre à Gargallo, on traverse d'abord une vaste plaine, aride et poudreuse, dont le sol, formé par des couches argilo-sableuses entremêlées de bancs de gypse, s'élève progressivement et uniformément jusqu'à une première hauteur, reconnaissable au bouquet d'arbres qui la couronne, et sur lequel la vue, fatiguée par la monotonie du terrain jusque là traversé, se repose volontiers. Le sous-sol est formé de poudingues tertiaires qui supportent les couches qu'on vient de quitter.

Terrains traversés
de l'Ebre à Gargallo.

Après avoir franchi cette première hauteur, on chemine sur un plateau dont le sol est formé principalement des mêmes poudingues, sauf vers le milieu où l'on retrouve encore les bancs argilo-sableux du début. On atteint ainsi la Venta di Piñeta; le terrain tertiaire cesse et l'on entre dans les calcaires inférieurs A. Ce sont eux qui constituent la petite chaîne d'Andorra, que la route traverse par un petit col dit Puerto de Andorra, du nom de la ville qu'on va bientôt rencontrer.

En descendant du col vers la ville on trouve une première fois la formation lignifère dont je m'occuperai en détail plus loin; elle y est représentée par les sables bigarrés C, qui ne tardent pas à être recouverts par d'épaisses couches de poudingues jusqu'aux environs de la Venta de Gargallo, un peu avant d'atteindre la grande route qui conduit à Montalban.

On voit en ce point ressortir de sous les poudingues les sables bigarrés C, et après avoir franchi une coupure de la route qui fait pénétrer celle-ci dans la vallée de Gargallo, on a tout à coup devant soi un magnifique développement des sables bigarrés C. (*Figure 1^{re}.*)

patagus Collegii, etc., et un grand développement de Trigonies); que les argiles et les sables bigarrés C sont tout ou partie du grès vert supérieur (Cénomanién et turo-nien de d'Orbigny), enfin que les grands calcaires D représentent les bancs qui en Provence surmontent les grès verts supérieurs et forment les étages Carantonien, et Rhotomagien de M. Coquand; à l'appui de cette classification des trois derniers groupes, je ferai appel aux personnes qui connaissent ces formations dans les départements de Vaucluse et des Bouches-du-Rhône.

Les environs d'Orange, de Piolenc, des Martigues offrent de grandes analogies comme faciès avec les collines d'Esteruel, de Gargallo et d'Utrillas; on y voit la succession des étages sus-indiqués, avec les mêmes caractères généraux qu'en Espagne, l'analogie est frappante et conduit l'esprit de suite à un rapprochement que ne dément pas l'étude des fossiles, bien qu'il n'y ait pas parité complète. On peut voir, à ce sujet, les travaux de MM. de Verneuil et Coquand. Voir notamment *Bulletin de la Société Géologique*, tom. XXVI, 2^{me} série, pages 144 et suivantes.

C'est dans cet étage C que se rencontrent toutes les couches de combustibles exploitées ou explorées sur les communes de Gargallo, Canizar et Estercuel, et c'est par elles que je commencerai la description détaillée des gites.

§ 2. — Bassin de Gargallo.

Couches de los Tajos. Au sud-ouest du village, en remontant le Rio Tajos, on arrive au pied d'escarpements de calcaires A, sur lesquels s'appuie manifestement la formation des sables bigarrés C, et l'on peut constater, au milieu des argiles, l'existence de deux couches de charbon, l'une à 2 mètres d'épaisseur, sa direction est H. 10 1/2, elle plonge à l'Est, c'est-à-dire s'enfonce du côté de Gargallo. Au-dessous de cette première couche, c'est-à-dire en remontant encore la Vallée, on en constate une deuxième dont l'épaisseur est difficile à apprécier, mais qui doit avoir entre 1 mètre et 2 mètres.

Le charbon y est extrêmement friable, pyriteux, à cassure brillante avec des lamelles nombreuses de sulfate de chaux, en plein dans les argiles, par suite sans toit ni mur solides ; il exigerait pour le soutènement des ouvrages des forêts de bois. Un échantillon recueilli dans la couche supérieure dite de la Paz, a donné les résultats suivants :

Cendres	0.02	} 1.00
Carbone fixe	0.46	
Matières volatiles	0.52	
Soufre	0.012	

Pouvoir calorifique du charbon rapporté au carbone pur..	0.612
» » au charbon de Fuveau.	0.90(1).
» des matières volatiles rapporté au carbone pur.....	0.152
Pouvoir calorifique des matières volatiles rapporté à celui des matières volatiles du Fuveau	0.675
Cendres rouges. Coke pulvérulent.	

(1) Dans ce tableau et dans tous ceux qui suivront, j'ai jugé utile de comparer les pouvoirs calorifiques des charbons essayés à celui d'un lignite moyen du bassin de

Lorsqu'on a franchi cet étage supérieur au lignite, on retombe sur les couches de sable qu'on aperçoit en avant de la Venta de Canizar, mais on n'a affaire en ce point qu'à la partie tout-à-fait supérieure des sables et argiles C, et pour les retrouver enrichis par le charbon, il faut dépasser Canizar et s'enfoncer dans le ravin de San Miguel.

**Couches
de San-Miguel.**

Nous cheminons d'abord sur la rive gauche du ravin qui va passer à Estercuel, et dans les murs de soutènement, dans les têtes des bancs

Cendres	0.046	} 1.000
Carbone fixe	0.496	
Matières volatiles	0.458	

Je ferai observer à ce sujet, que la quantité de cendres est pratiquement plus forte sur nos charbons, mais comme j'ai opéré sur des morceaux choisis et dépouillés des schistes visibles sur les charbons espagnols, je dois, pour rendre les résultats comparables, supposer aussi un charbon de Fuveau pur à l'œil nu.

à découvert nous reconnaissons les bancs à Cassiope B, que nous avons déjà vus dans le ravin de San Miguel, bientôt nous passons sur la rive droite et nous ne tardons pas à retrouver les couches de l'étage C.

La Pellegrina.

D'abord en *b*, elles sont représentées par une couche au moins dirigée H. 11 et plongeant à l'Est de 25 à 30°, c'est la mine dite *de Pellegrina*, charbon tout-à-fait analogue à celui de la Paz, aussi friable et d'aspect peut-être un peu moins brillant; il a donné les résultats suivants :

Cendres	0.07	} 100
Carbone fixe	0.45	
Matières volatiles	0.48	
Soufre	0.01	

Pouvoir calorifique rapporté au carbone pur	0.589
» » » au charbon de Fuveau	0.860
» » des matières volatiles rapporté au carbone pur	0.139
» » des matières volatiles rapporté à celui des matières volatiles du Fuveau	0.618

Cendres blanches-Coke pulvérulent.

La Rosa.

Ensuite en *c*, on voit entre les barrancos de la Acedera et de Juana, au lieu dit *Aragona*, 3 ou 4 grosses couches dirigées H. 6, et plongeant au sud, au milieu des argiles; l'une d'elles, la mine de la *Rosa*, a donné les résultats suivants.

Cendres	0.100	} 100
Carbone fixe	0.360	
Matières volatiles	0.540	
Soufre	0.019	

Pouvoir calorifique rapporté au carbone pur	0.576
» » » au charbon de Fuveau	0.850
» » des matières volatiles rapportées au carbone pur	0.216
Pouvoir calorique des matières volatiles rapporté à celui des matières volatiles du Fuveau.....	0.960

Cendres gris foncé. Coke pulvérulent. Le charbon a le même aspect que les précédents.

En *d*, on voit les 3 ou 4 mêmes grosses couches du point précédent.

Ici l'affleurement, qui était à peu près parallèle au ravin, descend plus vite que lui et en l'accompagnant on revient sur le chemin d'Estercuel en repassant sur la rive gauche.

Autres points
d'affleurements.

On le constate d'abord en *e*, puis en remontant le barranco de la Mena, on retrouve le même paquet de couches à 4 ou 500 mètres de la route. Elles sont là, exploitées pour la fabrication de l'alun et de la couperose, par un fabricant d'Estercuel, qui raffine ces matières dans une petite usine (si l'on peut se servir de ce terme pour désigner des agencements aussi primitifs que ceux que j'ai vus). La couperose et l'alun raffiné sont vendus 2 réaux l'arroba, soit fr. 16 70 les 100 kilogrammes.

Barranco de la Mena.

La formation des sables bigarrés s'étend en aval d'Estercuel aussi loin que la vue peut embrasser la vallée; des couches affleurent dans le ravin de la Grallera, au dire du fabricant précité, et j'ai tout lieu de le croire, enfin trois affleurements de lignite sont indiqués par l'un des géologues qui ont visité cette localité dans le ravin de l'Agua; leur direction n'est point spécifiée, mais il est infiniment probable que ce sont les continuations des affleurements que j'ai poursuivis depuis Canizar jusqu'à Estercuel.

Affleurements
des ravins
de la Grallera
et de l'Agua.

Revenons maintenant à Gargallo, en passant au nord de la Peña Santa-Anna, haute montagne isolée orographiquement, mais qui, géologiquement se rattache manifestement aux calcaires supérieurs D, occupant la majeure partie de l'espace triangulaire compris entre Canizar, Estercuel et Gargallo.

Nous franchissons le ravin d'Estercuel et nous élevant peu à peu, nous traversons toute la partie supérieure et stérile de l'étage C, ce sont des sables tantôt colorés par de l'ocre, tantôt d'une blancheur parfaite et exclusivement siliceux; quelquefois des veines rendues compactes par l'oxyde de fer constituent un véritable minerai. Aucun reste organisé ne se rencontre dans cette partie de la formation qui rappelle à s'y méprendre, la contrée comprise entre Bollène et Pionlenc, laquelle contient les mines de lignite de Mondragon, qui pour

moi sont tout-à-fait contemporaines des lignites dont je parle en ce moment.

Couches
des barrancos
Cerro Tomas
et della Serrana.

Au point culminant du chemin suivi on aperçoit le Barranco del Cerro Thomas et l'on voit reparaître, affleurant sur ses deux versants les argiles inférieures des barrancos de Acedera, de Juana et de la Mena. On devine *a priori* qu'elles doivent être le cortège des mêmes couches de combustibles et on le constate en effet.

Dans cette région peu éloignée du village de Gargallo, il semble que les efforts des concessionnaires se soient un peu donnés carrière et qu'on ait cherché à faire autre chose que de purs grattages : Une galerie de 35 mètres a été pratiquée sur une des couches de combustibles qui y affleurent pour alimenter une fabrique d'alun dont on reconnaît les vestiges ; en M un puits a été foncé pour recouper 4 couches affleurant dans un ravin voisin. Il est encore visible, et dans les parties supérieures, au moins, paraît solide. Il est murailé, de forme elliptique, a 2 mètres, sur 1 mètre 30 dans œuvre, et il est accompagné d'un puits rond, de 1 mètre 20 de diamètre, que l'on dit avoir été foncé pour l'aérage. Des détails m'ont été donnés par un ancien maître mineur, sur ce point, qui paraît le seul ouvrage un peu sérieux, entrepris dans le bassin de Gargallo. Il a 53 mètres de profondeur. La première couche rencontrée avait 1 mètre d'épaisseur et était de mauvaise qualité ; de celle-ci à la seconde en descendant, il y avait seulement de 2 à 3 mètres, l'épaisseur de la seconde couche était de 1 mètre 30. A deux mètres au-dessous, une autre couche de 1 mètre 30, puis à 4 mètres plus bas encore une autre couche de 2 mètres d'épaisseur. C'est dans cette dernière, qui se trouvait à la profondeur de 46 mètres dans le puits, qu'une galerie aurait été pratiquée et que des travaux d'extraction auraient été faits. Enfin, à 7 mètres au-dessous de cette couche de 2 mètres, le puits en aurait rencontré une 5^e qu'il n'aurait point percée. Quelle était l'importance de la galerie d'extraction ? Pourquoi ce puits dans lequel il semble qu'on ait mis quelque confiance, par le soin avec lequel il a été foncé et murailé, a-t-il été abandonné ? C'est ce qu'il m'a été impossible de savoir au juste. Une réponse qui revient souvent sur les lèvres des gens auxquels on s'adresse en pareille occurrence, c'est, disent-ils, qu'on voulait seulement mettre en lumière les richesses minérales à exploiter, une fois les couches rencontrées, le but est atteint ; mais à supposer que cela fût vrai dans quelque cas particulier, on ne fonce pas et on ne muraille pas un puits de 53 mètres pour arriver à ce résultat. Je suis

porté à croire que l'infériorité très-marquée des combustibles de l'étage C, comparés à ceux de l'étage B, est la seule et unique cause qui a paralysé l'exploitation ainsi préparée, cela ressortira des chiffres produits au cours de ce travail, et cela est en quelque sorte prouvé parce qu'il se passe à l'heure qu'il est : les mines de Gargallo, sont en effet ouvertes et gratis en fait, à qui veut les exploiter, or les forgerons de Gargallo, de Canizar, d'Esteruel, qui ont ce charbon sous la main, et qui, en l'absence à peu près complète d'une industrie dans ces localités, sont presque les seuls consommateurs de combustible minéral, vont en chercher à Escucha et Utrillas. Si l'on préfère, en le payant, le combustible de ces dernières localités à celui dont je viens de passer en revue les gites, donné pour rien ou presque rien, il n'est pas douteux qu'une exploitation quelconque ne pouvait être rémunératrice. Il est même supposable que, comme cette différence de qualité est un fait connu de tout temps, la pensée qui a conduit à foncer le puits, c'est que la qualité du charbon s'améliorerait en profondeur, autrement il eût été bien simple d'en prendre en entrant en galerie dans les affleurements voisins. Déçus dans leur espoir, les exploitants auront dû abandonner l'extraction par puits.

Je donne ici les résultats obtenus sur un échantillon pris à l'affleurement visible à quelque distance de ce puits dans le barranco della Serrana.

Cendres	0.07	}	1.00
Carbone fixe	0.41		
Matières volatiles	0.52		
Soufre	0.012		

Pouvoir calorifique rapporté au carbone pur	0.555
» » au charbon de Fuveau	0.815
» des matières volatiles rapporté au carbone pur	0.155
» rapporté aux matières volatiles du Fuveau.....	0.644

Cendres gris clair — coke pulvérulent — charbon extrêmement friable contenant des lamelles visibles de sulfate de chaux.

Du barranco della Serrana tributaire de celui de Cerro Thomas, on peut en descendant vers le Rio Tajos et traversant celui-ci, pour suivre les affleurements dans le ravin de Carrascal, on y rencontre

Estrella.

d'abord en *g*, non loin de son confluent, la mine dite *d'Estrella*. Je ne trouve point dans mes notes le nombre de couches constatées en ce point, mais c'est visiblement la continuation des bancs de la Serrana, et un échantillon examiné a donné les résultats suivants :

Cendre	0.130	} 1.00
Carbone fixe	0.400	
Matières volatiles	0.470	
Soufre	0.017	

Pouvoir calorifique rapporté au carbone pur 0.545

» » au charbon de Fuveau ... 0.800

» des matières volatiles rapporté au carbone

Pouvoir calorifique des matières volatiles rapporté aux
matières volatiles du Fuveau 0.644

Cendres rouges avec points blancs disséminés (sulfate de chaux.)
Coke pulvérulent.

La Luciana.

En remontant le ravin et suivant les affleurements on arrive à la mine de la Luciana, *h*, qui fournit les chiffres suivants :

Cendres ,.....	0.140	} 1.00
Carbone fixe	0.400	
Matières volatiles	0.460	
Soufre	0.03	

Pouvoir calorifique rapporté au carbone pur 0.520

» rapporté au charbon de Fuveau 0.760

» des matières volatiles rapporté au carbone pur ... 0.120

Pouvoir calorifique des matières volatiles rapporté aux
matières volatiles du Fuveau 0.533

Cendres grises — coke pulvérulent.

Un puits y aurait été foncé et aurait recoupé 11 couches de charbon (?) les affleurements visibles ne semblent point indiquer une semblable profusion.

Couches près la Venta de Gargallo.

Enfin, signalons encore a l'extrémité est de la partie visible du bassin, en *k*, tout près de la Venta de Gargallo, l'ancienne existence

d'un autre puits qui, comme le puits de la Luciana, aurait servi à extraire, il y a quelques années, le combustible nécessaire à la cuisson de la chaux employée aux travaux de la canalisation de l'Ebre. Divers détails donnés, permettent de croire à l'exactitude de ces renseignements dont, au reste, il ne faut pas exagérer l'importance, il n'est pas douteux que les charbons examinés ne puissent cuire la chaux, et l'on comprend que c'était là, à la partie la plus élevée des affleurements visibles et la plus rapprochée de l'Ebre en même temps, que l'on devait placer les travaux d'extraction du charbon pour l'usage indiqué.

Je terminerai en citant la même d'*Umbria Baja*, dont les affleurements sont visibles dans le Rio Tajos, près du moulin de las Abadias, et qui a été fouillée non loin du village en P.

Tels sont tous les indices et travaux plus ou moins importants dont j'ai pu constater l'existence dans ce qu'il est permis d'appeler le bassin de Gargallo.

Quand on cherche à se faire une idée de la manière dont tous ces gites se reliaient entre eux, et de leur allure souterraine on arrive aux conclusions suivantes :

Continuité
des affleurements.

Il n'est pas douteux que les gites visités en *l, b, c, d, e* et *f*, n'appartiennent à un seul et même paquet de couches d'une parfaite continuité, et je regarde comme excessivement probable, quoique n'ayant pas dépassé le ravin de la Mena, en descendant le Rio d'Esteruel, que les affleurements signalés dans les barrancos de la Grallera et de l'Agua, font partie du même paquet de couches, c'est une continuité certaine de 6 kilomètres aux affleurements, qui s'augmente de celles infiniment probable sur 6 autres kilomètres, jusqu'au ravin de l'Agua et peut être plus loin. Ce paquet de couches compris dans l'étage des argiles et sables bariolés C, s'enfonce sous les hauteurs qui dominent le Rio d'Esteruel sur sa rive droite.

C'est un fait non moins certain que les gites examinés de M en *k*, appartiennent aussi à un même paquet de couches, continu sur 4 kilomètres de développement aux affleurements.

Le gîte de los Tajos ne trouve pas commodément sa place pour se rattacher à l'un ou à l'autre des ensembles que je viens de faire ressortir, sa direction est rebelle à l'alignement.

La position géologique de tous ces gites est exactement la même ; ils

sont tous placés dans les argiles bleuâtres, pyriteuses et bitumineuses qui forment les strates les plus inférieures de l'étage C.

Que tous ces gites aient fait partie autrefois d'un seul et même ensemble, qu'ils soient, en un mot, rigoureusement contemporains, c'est qui me semble établi, non-seulement par leur position géologique identique, mais encore par l'analogie très grande d'aspect, de composition, de pouvoir calorifique; je dirai aussi par le nombre de couches constatées en divers points; si l'on en excepte, en effet, le gîte de los Tajos, où deux couches seulement m'ont été montrées, celui d'Umbria Baja, si l'on retranche également les 11 couches problématiques des points *h* et *k*, on retrouve dans tout le reste 4 ou 5 couches de charbon.

Cela posé, on peut se demander si, aujourd'hui, ces deux grandes masses se rejoignent souterrainement ou si, au contraire, elles n'ont pas été, par suite de dislocations postérieures à leur dépôt, déchirées et divisées de manière à former des masses distinctes. Je suis porté à croire que la seconde hypothèse est la vraie. C'est pour m'en tenir à une comparaison qui sera facilement saisie d'un lecteur connaissant le bassin de Fuveau, quelque chose comme ce qui a lieu dans ce bassin où le paquet de couches de Gardane était manifestement reconnu pour identique à celui de Trets et du Rocher-Bleu, bien avant que des études précises aient appris par suite de quel accident les deux branches d'un même tout avaient été violemment séparées et avaient pris des allures si entièrement discordantes.

Au point de vue industriel, du reste, cela n'a pas grande importance, et je termine ici ce que j'ai à dire sur l'étude du bassin de Gargallo.

§ 3. — Bassin d'Ariño. (*Simple aperçu.*)

Gîte du val d'Ariño. J'ai dit en décrivant à grands traits la coupe des terrains qu'on traverse en se rendant de l'Ebre à Gargallo, qu'après avoir passé la Puerta-d'Andorra, on rencontrait une première fois la formation lignitifère des sables bigarrés C. On peut, en effet, en quittant en ce point la route et longeant le revers Sud de la chaîne jurassique dans laquelle est ouvert le col, descendre un petit ravin tributaire du Rio de Gargallo, et visiter des exploitations de charbon pratiquées sur

Coupe Grène
de l'Ebre

Hauteur boisée.

Pouélingués

Niveau de l'Ebre

au moins deux couches qu'on voit affleurer sur la rive droite de ce ravin. Elles sont comprises au sein d'argiles de toutes couleurs, mais principalement rouges ou bleues, qui courent parallèlement au ravin et dont la direction est H. 7 $\frac{1}{2}$, et le plongement au Sud. Elles sont surmontées par des sables dont quelques-uns sont très blancs, d'autres vivement colorés et le tout s'enfonce sous des bancs puissants de grès dont le profil rectiligne se découpe vigoureusement sur le ciel Espagnol ; ces grès font partie de l'ensemble que j'ai appelé D ; on les traverse d'Andorra à Gargallo. La stratification est d'une régularité admirable, et l'ordre de superposition ne peut laisser aucun doute.

Les deux couches qui ont été visitées ont été le siège de travaux assez importants qui, bien qu'ouverts dans un terrain paraissant devoir être très mouvant, se sont à la faveur d'un bon toit parfaitement bien maintenus : le fait est à noter. Les couches sont très belles, de 2 mètres d'épaisseur environ. Le charbon, excessivement friable, est en outre malheureusement traversé de lames souvent très larges et très abondantes de gypse cristallisé ; la pyrite de fer y est aussi très abondante et on la rencontre aussi fréquemment dans les argiles subordonnées. Tel qu'il est, le charbon sert parfaitement pour la cuisson des tuiles, de la chaux et du plâtre ; l'essai d'un échantillon recueilli dans l'une des mines en activité a donné les résultats suivants :

Cendres.....	0.	14	}	1. 00.
Carbone fixe.....	0.	36		
Matières volatiles.....	0.	50		
Soufre.....	0.	053		

Pouvoir calorifique rapporté au carbone pur.....	0.485.
» » » au charbon de Fuveau.....	0.732.
» » des matières volatiles rapportées au carbone pur.....	0.125.
» » des matières volatiles rapporté aux matières volatiles du charbon de Fuveau.....	0.556.

Cendres grises — Coke pulvérulent.

Je n'en dirai pas davantage sur le val d'Ariño, dont l'étude ne rentrait pas dans mon programme ; la constatation de l'emplacement et de la direction des couches dans le val de ce nom, n'est toutefois pas dénuée d'intérêt, au point de vue de l'idée qu'on peut se faire de l'ex-

tension des couches carbonifères dans la province de Teruel, surtout si l'on rapproche cette constatation de l'existence des couches de même nature dans les communes d'Oliete et d'Alcaïne, existence non vérifiée par moi, mais qu'on ne peut songer à révoquer en doute (1).

(A suivre.)

(1) Il a été publié, en 1862, un mémoire sur ces gites : *Monografía geognostica de la cuenca carbonífera de Ariño*, par D. Martinez Alabar.



ANALYSE

DES EAUX DU BASSIN D'ARCACHON

Par **M. DONY**,

Directeur de la Société des produits chimiques agricoles, à Bordeaux,

Membre correspondant.

Dans une brochure ayant pour titre : *Analyse chimique des eaux du département de la Gironde*, par M. Fauré, pharmacien à Bordeaux, et publiée en 1853, nous trouvons la composition des eaux du bassin d'Arcachon formulée de la manière suivante :

Chlorure de sodium.....	27.965
— de magnésium.....	3.785
— de calcium.....	0.325
Sulfate de magnésie.....	5.575
— de chaux.....	0.225
— de soude.....	0.485
Carbonate de chaux } — de magnésie }	0.315
Matières organiques.....	0.052
Iodures et bromures quantités indéterminées..	
	38.727

A première vue, ces résultats nous ont paru tellement éloignés de la composition de l'eau de mer, que nous avons cru devoir les contrôler. Nous étions d'ailleurs sollicité à faire ce contrôle par le docteur E. Lisle, ancien médecin en chef de l'Asile public d'aliénés du département des Bouches-du-Rhône, actuellement fixé à Arcachon, pendant la saison des eaux ; il attachait à cette vérification une importance d'autant plus grande, que, depuis déjà plusieurs années, il s'occupe d'expériences sur le pain fait avec de l'eau de mer, et de l'influence de cet aliment sur la digestion et les autres fonctions nutrition.

D'après les lois de Bertholet, lorsqu'on fait réagir deux sels par l'intermédiaire d'un dissolvant, si, par une double décomposition, il se produit un sel nouveau moins soluble que ceux que l'on a mélangés, ce sel se forme.

Or nous trouvons parmi les sels désignés par M. Fauré comme constituant l'eau du bassin d'Arcachon, du sulfate de magnésie et du sulfate de soude en présence de chlorure de calcium, c'est-à-dire les éléments nécessaires, d'après les lois de Bertholet, pour donner naissance à un sel peu soluble, qui est le sulfate de chaux. Ces lois, connues de tous les chimistes, ont probablement échappé à M. Fauré, et ce fait seul suffit pour entacher d'inexactitude tous les résultats analytiques publiés sous son nom.

Attaché, en qualité d'ingénieur, pendant quatorze ans à la Compagnie des Salins du Midi, nous avons fait, sur l'eau de mer, son traitement pour l'obtention du sel marin, et le traitement des eaux-mères, des travaux intéressants qui feront prochainement l'objet d'une nouvelle communication, nous bornant à donner aujourd'hui quelques indications sommaires sur la composition de l'eau de mer en général et à faire connaître les résultats que nous a donnés l'analyse de l'eau du bassin d'Arcachon.

Les analyses publiées sur la composition de l'eau de mer, celles mêmes faites par des hommes spéciaux, renferment quelques erreurs que le traitement industriel des eaux-mères des salines a fait découvrir. Ces erreurs portent sur le dosage de la magnésie et celui du Brome. Pour le premier de ces deux corps, l'erreur est en moins, elle est en plus pour le dernier.

A égale densité, toutes les eaux de la Méditerranée que nous avons analysées, toutes celles des étangs salés qui se trouvent en communication directe avec la mer, présentent la même composition. Des échantillons d'eau pris dans le Bosphore, dans l'Adriatique, sur les côtes de Sicile, dans le golfe de Hyères, dans les étangs de Fos, de Berre et de la Camargue, nous ont toujours donné, à très peu de chose près, la même composition chimique; s'il y a eu quelques différences, elles n'ont porté que sur la chaux. On comprend, en effet, très-bien que les étangs salés en communication directe avec la mer sont des récipients qui reçoivent aussi des cours d'eau douce, apportant avec eux un élément calcaire venant s'ajouter à celui que possède déjà l'eau de mer. Mais dès que la densité de ces eaux augmente et s'approche de celle de l'eau de mer, on trouve toujours le même rapport entre les différents sels qui constituent l'eau de mer proprement dite.

Il existe en France un seul étang salé dont la composition de l'eau diffère notablement de celle de l'eau de mer, c'est celui de La Valduc, dans le département des Bouches-du-Rhône. L'étang de La Valduc est séparé du golfe de Fos par le canal d'Arles à Bouc et son niveau se trouve actuellement à environ à 13 mètres au-dessous de celui de la mer. Il est hors de doute que le bassin de La Valduc, à une époque plus ou moins éloignée, formait un golfe et se trouvait en communication directe avec la Méditerranée; à la suite de perturbations géologiques, et plus naturellement peut-être par suite de l'accumulation des dépôts apportés par le Rhône, il s'est formé un barrage qui a intercepté toute communication entre le bassin de La Valduc et la mer. On conçoit dès-lors que ce bassin à bords escarpés, ne recevant pour ainsi dire que l'eau zénithale, ait vu son niveau diminuer et la densité de ses eaux augmenter jusqu'au point de donner chaque année sur ses bords une récolte de sel marin. Dans ces conditions, l'étang de La Valduc devint un véritable réservoir d'eau saturée de chlorure de sodium; plusieurs salines y puisèrent les eaux nécessaires à leur industrie, et renvoyaient dans le réservoir commun les eaux-mères presque épuisées de chlorure de sodium, mais renfermant encore une forte proportion de sels étrangers parmi lesquels domine le chlorure de magnésium. On conçoit aisément qu'après plusieurs siècles d'un régime pareil, la composition primitive de l'eau ait dû sensiblement être altérée; et, si l'on ne s'était pas réservé la possibilité de faire arriver périodiquement de l'eau de mer dans l'étang de La Valduc, depuis fort longtemps déjà la cuvette de ce bassin ne renfermerait plus qu'un dépôt de sel marin très impur, recouvert par une couche de chlorure de magnésium liquide.

L'étang de La Valduc, on le conçoit aisément, ne se trouve plus dans les conditions des étangs salés, c'est-à-dire en communication directe avec la mer, pouvant alternativement déverser dans celle-ci son trop plein, et, suivant les influences atmosphériques, recevoir à son tour des eaux de mer; dès-lors, une différence de composition de l'eau salée est forcée, et c'est ce qui a lieu dans ce cas particulier. Les eaux de l'étang de La Valduc renferment, en effet, moins de chlorure de sodium que les eaux de mer, et toujours, à densité égale, une plus forte proportion de sels étrangers, de chlorure de magnésium surtout.

L'eau du bassin d'Arcachon n'offre pas de composition spéciale; c'est de l'eau de mer, et pas autre chose. Ce bassin est, en effet, en communication directe avec la mer, et les affluents d'eau douce qu'il reçoit ne peuvent exercer aucune influence sur la composition de ses eaux.

Nous avons opéré sur de l'eau qui nous a été remise par le docteur E. Lisle et qu'il avait prise lui-même à environ 400 mètres au large du rivage d'Arcachon.

A 12° cette eau avait pour densité 1.0231 correspondant à 3°,26 de l'aréomètre Baumé.

Elle contenait par litre :

		p. % sels anhydres.	
Oxyde de fer.....		0.003	0.009
Carbonate de chaux..	{ acide carbonique 0.0405 } { chaux 0.0515 }	0.092	0.291
Sulfate de chaux.....	{ acide sulfurique. 1.667 } { chaux 0.467 }	1.134	3.584
Sulfate de magnésie..	{ acide sulfurique. 0.343 } { magnésie 0.688 }	2.031	6.418
Chlorure de magnésium.	{ chlore 2.462 } { magnésium. 0.872 }	3.334	10.540
Chlorure de potassium	{ chlore 0.224 } { potassium 0.246 }	0.470	1.485
Bromure de sodium..	{ brôme 0.220 } { sodium 0.063 }	0.283	0.908
Chlorure de sodium..	{ chlore 14.723 } { sodium 9.567 }	24.290	76.769
Poids total des matières fixes et anhydres....		31.637	100.000
Poids de l'eau		991.463	
Poids total.....		1023°.100	

Bases renfermées dans 100 grammes matières fixes et anhydres, correspondant à 3 litres 161 d'eau du bassin d'Arcachon, d'après l'analyse ci-dessus :

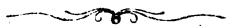
Oxyde de fer.....	0.009
Chaux.....	1.638
Magnésie	6.705
Potasse.....	0.969
Soude	41.491

D'après l'analyse de M. Fauré, ces résultats seraient :

Oxyde de fer.....	0.000
Chaux.....	0.891
Magnésie.....	9.287
Potasse.....	0.000
Soude.....	38.809

Ces chiffres diffèrent tellement les uns des autres, que l'on serait tenté de croire qu'ils s'appliquent à des eaux de nature différente. Or la détermination du rapport existant entre les quantités respectives des substances fixes et anhydres contenues dans 100 de ces substances permet de comparer les analyses de deux eaux à des degrés différents. Ce rapprochement ne peut se faire pour l'analyse Fauré, puisqu'elle n'indique nullement le degré de l'eau soumise à l'opération ; elle ne nous dit pas non plus si les sels dosés étaient hydratés ou anhydres. Nous aurions d'ailleurs un tort beaucoup plus grave à lui reprocher, ce serait celui de ne pas mentionner l'existence de la potasse dans l'eau de mer.

Dans notre prochaine communication, nous nous proposons de donner l'analyse de l'eau de mer, en indiquant avec détail les procédés analytiques que nous employons pour le dosage de tous les éléments qui s'y trouvent. Nous insisterons particulièrement sur le dosage de la magnésie, opération délicate, et qui, dans les analyses les plus récentes, celles de M. Usiglio, par exemple, donne un chiffre notablement trop faible.



ENTREPRISES INDUSTRIELLES

DE LA SOCIÉTÉ DES EAUX ET FORÊTS DE FRIBOURG

Par M. FLOURNOIS

Professeur de la classe d'Industrie, à Genève,

MEMBRE CORRESPONDANT.

La ville de Fribourg et ses environs sont situés sur un plateau élevé qui est compris entre les montagnes de l'Oberland au S.-E., et le Jura au N.-O. La Savine, affluent important de l'Aar, et, par suite, du Rhin, traverse ce plateau du Sud au Nord en courant dans un lit tortueux et profondément encaissé. Ses rives sont coupées à pic, la rivière s'étant frayée un cours dans un terrain formé par un grès assez tendre qui porte le nom de *molasse* dans le pays. La profondeur de la rivière, au-dessous du niveau du plateau, varie de 60 à 85^m. C'est sur une sorte de promontoire formé par un double lacet de la rivière que la ville est bâtie. Elle date de la fin du XII^e siècle et offre à l'amateur un assez grand nombre de curiosités historiques. Malgré la faible importance de sa population (10 à 12 mille âmes), Fribourg jouit non-seulement d'une réputation historique, mais encore elle est connue dans le monde des ingénieurs par ses ponts suspendus (construits de 1834 à 1840) et par le viaduc de Grandfey, datant de 1862. Dénuée jusqu'à ces dernières années, de toute industrie importante, cette ville paraît devoir acquérir un grand développement, à la suite d'une grande entreprise organisée et dirigée par un habile ingénieur du pays, M. Ritter, ancien élève de l'École Centrale de Paris.

M. Ritter a constitué une Société dite des Eaux et Forêts de Fribourg, pour exploiter une grande étendue de forêts, créer une force motrice considérable, alimenter d'eau la ville de Fribourg, et établir de vastes scieries qui utiliseront les bois exploités.

La création de la force motrice a, dès le début, engagé diverses sociétés à créer des exploitations industrielles ou à monter des usines qui achèteront leur force motrice à la Société des Eaux et Forêts.

Parmi ces entreprises, nous citerons celles :

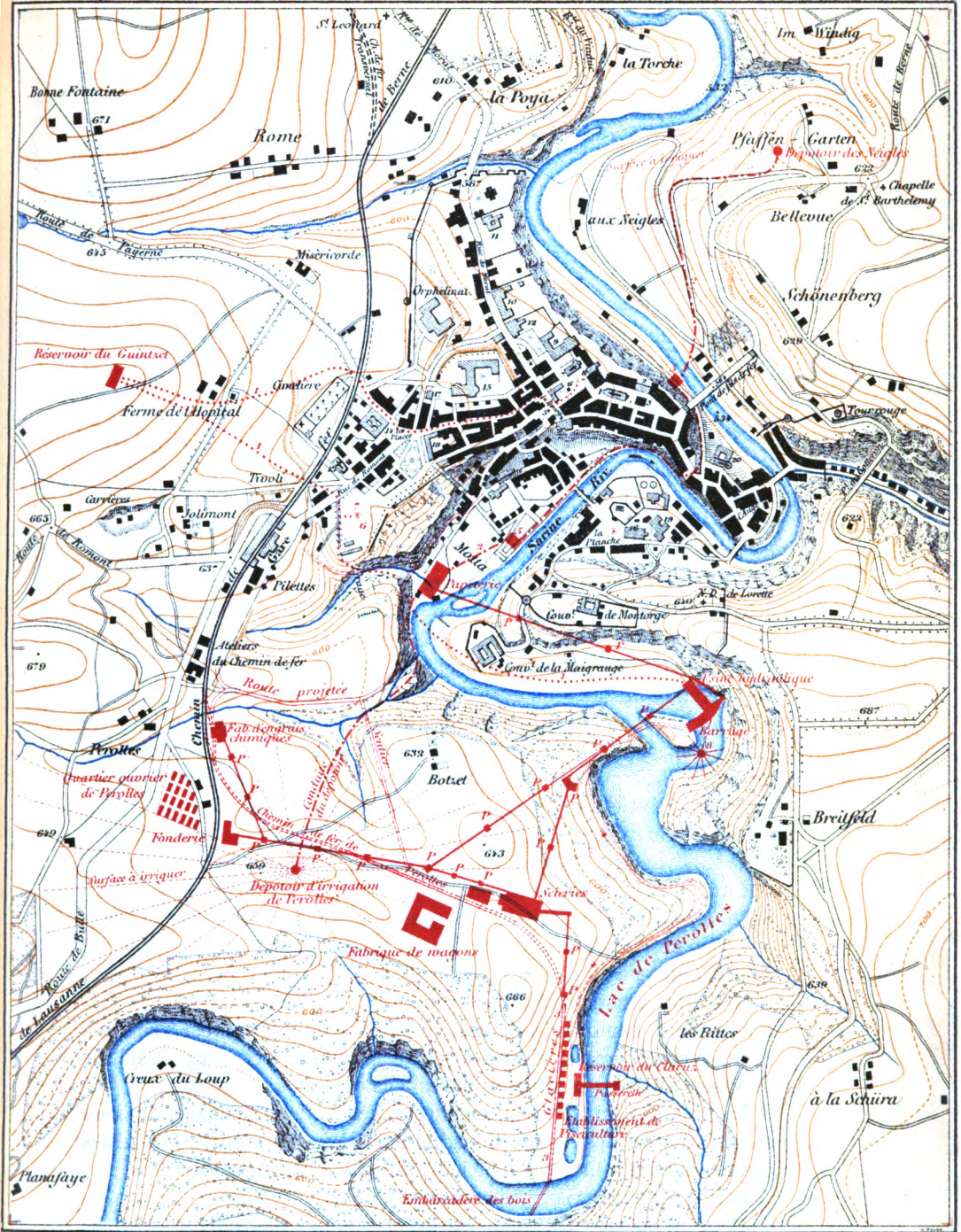
1° De la Société des Glacières, Irrigations et Pisciculture, qui se propose d'utiliser les engrais naturels de la ville pour irriguer des

FRIBOURG

ses environs et ses nouvelles entreprises industrielles.

Gravé par A. Lœwinger à Berne.

Impr. F. Lipp à Berne.



- 1 Cathédrale de St. Nicolas. 2 Chancellerie. 3 Hôtel des Postes. 4 Hôtel de Ville. 5 Tilleul. 6 Statue du P. Girard. 7 Eglise de Notre Dame. 8 Grnette. 9 Couvent des P.P. Cordeliers. 10 Coup de la Visitation. 11 Coup des Capucins. 12 Hôtel de la Préfecture. 13 Temple protestant. 14 Hôpital bourgeois. 15 Collège St. Michel. 16 Caserne. 17 Lycée. 18 Coup des Usines. 19 Maison de force. 20 Eglise des Augustins.

Créations diverses:

- 1 Conduites maitresses 2 Conduites d'irrigation. 3 Plan ferré servant à monter les bois et la glace. 4 Chemin longeant le lac de Perolles. 5 Fabrique de concentration des couds 6 Nouveau parc à crer. 7 Fontaines monumentales 8 Filtrés pour eau potable. PP Piliers de transmissions avec câbles téléodynamiques.

Echelle de 1: 15.000.

Edité par la Librairie Josue Labastrou à Fribourg.

prairies, d'exploiter la glace qui se forme sur le lac artificiel créé par l'établissement de l'usine hydraulique, et enfin, de se livrer à la pisciculture sur une grande échelle ;

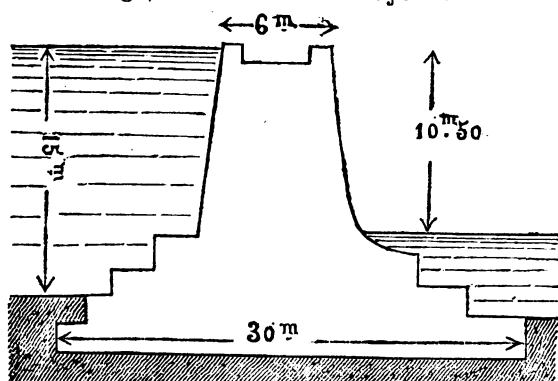
- 2° D'une fonderie ;
- 3° D'une grande fabrique de waggon ;
- 4° D'une fabrique d'engrais chimiques ;
- 5° D'une papeterie de bois ;
- 6° D'une minoterie.

Mon intention est de vous communiquer quelques détails sur l'établissement de force motrice et sur la transmission de cette force aux diverses usines ci-dessus mentionnées. Accessoirement, je dirai quelques mots des usines existant déjà et qui offrent un grand intérêt à visiter.

Pour créer l'usine hydraulique, M. Ritter a établi un grand barrage dans un lacet de la rivière en amont de la ville de Fribourg. La position de ce barrage a été choisie de façon à pouvoir créer une sorte de lac artificiel à l'entrée duquel s'arrêteront les bois flottés, amenés des forêts au moyen de la rivière. Ceux-ci sont amenés, soit à la scierie de la Société, située sur le plateau de Peraulles, soit à la gare du chemin de fer, par un tronçon de voie ferrée à forte pente (14,5 %) sur laquelle la traction s'opère par un câble mis en mouvement par la force motrice. (Le même tronçon dessert les glaciers.) A la suite de ce premier tronçon, un deuxième tronçon à pente de 5 %, desservira toutes les usines du plateau.

La création du lac artificiel a offert, en outre, à la Société de Pisciculture, un vaste réservoir et a permis à la Société des Eaux et Forêts d'établir de grands filtres pour purifier l'eau destinée à l'alimentation de la ville.

Le barrage, dont la section moyenne est donnée par le profil ci-



contre, a été construit en béton de gros cailloux maçonnés à la main avec du mortier de ciment. Dans certaines parties, la hauteur du barrage atteint 22^m. Il cube, dans son ensemble, envi-

ron 40000 mètres cubes. Le prix de revient de cette maçonnerie a été de 7 à 8 fr. le mètre cube, grâce à ce que le fond de la rivière a fourni les galets et le sable en grandes quantités. On a employé environ 2 ans et 1/2 à la construction de cet énorme bloc de béton. Un canal latéral de surverse a été creusé dans le rocher. Son débouché dans la Savine donne naissance à une chute qui, dans ce fond de rivière encaissé et sauvage, produit un bel effet. L'usine hydraulique elle-même est construite à côté du barrage, sur la rive droite du cours d'eau.

La longueur totale de la digue est de 150^m.

Un système de vannes de fond permet de vider et de curer le lac artificiel ; un autre système de vannes donne l'eau à la bêche d'amont des turbines, bêche munie elle-même de vannes de décharge qui laissent couler l'eau en chute assez élevée au moyen d'un déversoir.

Toutes ces vannes peuvent être mues mécaniquement par une petite transmission telodynamique.

Le volume d'eau de la Savine varie de 100^m à 20 mètres cubes au minimum, quant à la chute créée, elle est de 10^m,50 à l'étiage et de 12^m pendant les crues.

La poussée à laquelle le barrage résiste est évaluée à 27,000 tonnes.

L'usine hydraulique a sa plus longue dimension (46^m,50 sur 41^m) dirigée perpendiculairement au plan du barrage. Elle comporte 4 grandes turbines, système Girard, de la force de 300 chevaux chacune. Deux de ces turbines sont destinées à alimenter de force motrice le plateau de Peraulles, deux autres feront marcher les pompes d'alimentation d'eau de la ville. Lorsque j'ai visité l'établissement, on montait les pompes, et il n'y avait qu'une seule turbine fournissant de la force motrice.

Une petite turbine accessoire donne la force nécessaire pour le service des vannes et de l'établissement.

La force motrice est transportée sur le plateau de Peraulles et, de là, ramifiée au moyen de transmissions telodynamiques par câbles dont la pente moyenne uniforme est de 11 %.

Au départ, l'axe de la turbine motrice transmet le mouvement à une poulie de 4^m 50 de diamètre et cela au moyen de deux engrenages d'angle. La poulie fait environ 80 tours par minute ce qui donne une vitesse du câble de 19 à 20^m. Le câble en fil d'acier a 30^m/^m de diamètre. Il traverse la rivière et repose sur une première poulie de station située au bas du talus de la berge. De là, il pénètre dans un tunnel et se dirige en s'enfléchissant au bâtiment de la scierie et de là au tambour moteur du câble de traction du chemin de fer à forte

pente. Sur son trajet, il repose sur diverses poulies de direction. Le second câble se mouvra parallèlement au premier jusqu'à la sortie du tunnel et de là il obliquera vers la droite pour aller directement aux autres usines. La poulie motrice de départ est munie d'un régulateur très simple et fort sensible qui actionne directement le vanage de sortie de la turbine de telle sorte que le mouvement est parfaitement régulier et que l'on n'aperçoit pas la moindre vibration dans le câble. A une faible distance et de profil, si l'on ne regarde pas les poulies, il paraît parfaitement immobile. Les tours qui supportent les poulies de transmission sont construites en pierre de taille (molasse) et présentent un cachet de stabilité tout particulier. Tout ces engins mécaniques, exécutés à Winterthour par MM. Riéter et C^e, font honneur à notre industrie mécanique nationale.

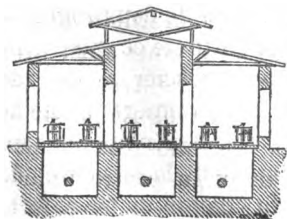
Quant aux pompes destinées à alimenter d'eau la ville de Fribourg elles sont au nombre de 4 doubles du système Girard.

Elles élèveront 3100 litres d'eau par minute au réservoir du Guintzet, situé à un niveau supérieur de 150^m. Cette élévation du réservoir permettra de vendre de l'eau comme force motrice aux industriels de la ville de Fribourg. Un volumineux réservoir d'air et le faible volume de chaque pompe font espérer une bonne régularisation de la vitesse de l'eau dans la conduite maitresse ascendante dont le diamètre est de 0 40.

Le réservoir du Guintzet aura un cube de 5900 mètres, il sera en maçonnerie, recouvert au moyen d'un plancher de vieux rails espacés de 0^m 60 et reliés par des voûtes de briques de plat cimentées. Le bâtiment hydraulique est disposé pour recevoir un second système semblable à celui décrit ci-dessus et la puissance de la chute permettra à la Société d'établir plus tard un second établissement hydraulique de même force que l'ensemble du premier.

Le bâtiment de la scierie de la Société des Eaux et Forêts est situé à 750^m environ de l'usine hydraulique. C'est une vaste construction de 86^m de longueur sur 40 de large divisée transversalement en trois galeries dans lesquelles sont réparties les machines. Les transmissions sont formées par trois arbres de couche principaux installés dans le sous-sol, et qui répartissent la force dans les trois galeries. Les murs et piliers sont en pierre de taille et les charpentes en bois et à grande portée. Un avant corps renferme les bureaux et les magasins.

Ce bâtiment présente un aspect gran-



diose et paraît aménagé, quant à la disposition des machines-outils, avec beaucoup de prévoyance. Les machines-outils qui fonctionnaient au moment de ma visite n'étaient qu'une partie de celles qui sont prévues. Dans le nombre, j'ai remarqué deux scies à ruban du système Perrin qui découpaient avec une merveilleuse précision des plateaux dans des troncs de sapin de 0^m 50 à 0^m 60 de diamètre. La plupart de ces machines-outils sont de fabrication suisse.

Les forêts de la Société qui sont destinées à alimenter cette vaste scierie sont évaluées à une contenance actuelle de 164,000 mètres cubes de bois, consistant principalement en épicéa, hêtre, pin, chêne.

Le capital social de la Société des Eaux et Forêts est de 2 millions de francs, sur lesquels environ 1500 mille francs ont été immobilisés par l'achat de forêts et de terrains propres à la création d'usines.

La fabrique de waggons, installée à peu de distance de la scierie de la Société, est une entreprise particulière qui s'est montée à la suite de l'entreprise des eaux et forêts. Elle a commencé par fonctionner à la vapeur, et déjà, cette année, elle avait construit un nombre assez considérable de waggons. Elle doit emprunter à la transmission télodynamique une force variant de 100 à 150 chevaux. Elle consommera, en outre, de 2 à 3 mille mètres cubes des bois exploités par la Société. Jusqu'à présent, elle a marché en employant en grande partie, comme combustible, de la sciure de bois provenant de la scierie. Parmi les machines destinées à travailler le fer, j'ai remarqué un certain nombre de ces marteaux-pilons à ressort et marchant au moyen d'une transmission par courroie. Ces appareils paraissent être assez goûtés dans les ateliers suisses seulement, d'après le dire d'un intelligent industriel de notre ville, ces engins demandent à être agencés un peu spécialement lorsque on désire en obtenir un bon résultat.

L'impression générale qu'on éprouve en visitant cette entreprise est extrêmement favorable. On sent que, malgré la multiplicité des objets exploités dans une ville qui jusqu'ici était pour ainsi dire privée d'industrie, cette affaire est destinée à cheminer avec succès. On reconnaît, du reste, en voyant la façon dont on a installé la partie mécanique, dont on a su tirer parti de toutes les ressources prévues ou imprévues, que l'ingénieur qui a créé ce nouveau centre industriel est un homme de mérite et de talent.

J'estime, en outre, que la localité a été parfaitement choisie au point de vue de la situation pour ainsi dire *morale* de l'établissement. Il est, en effet, à remarquer qu'en Suisse le pays tend à se diviser en deux régions au point de vue industriel. L'une de ces régions est celle où, la nature aidant, la population est portée à vivre en profitant de la présence des étrangers. Dans cette région, ce sont les industries ayant pour but la fabrication des objets de luxe qui semblent le plus prospérer. La cherté de la vie éloigne de ces centres les industries qui ont besoin de main d'œuvre à bon marché. Cette prospérité n'aurait-elle qu'un temps, cela serait très possible, à en juger par le malaise que la fabrique d'horlogerie et de bijouterie éprouve à Genève.

L'autre région industrielle est celle qui, placée sur des voies de communication, peut recevoir les produits naturels, expédier les produits ouvrés et travailler dans des conditions normales, grâce au fait que l'étranger y stationne peu et que par conséquent la vie reste dans des limites raisonnables. Je crois que Fribourg, qui n'est point un séjour de station pour les étrangers, est tout à fait bien placé pour faire de l'industrie sérieuse et durable.

J'ajouterai à cette communication quelques faits divers qui pourront peut-être présenter quelque intérêt aux personnes s'intéressant à notre pays.

Percement du Saint-Golhard. — Cette entreprise entre actuellement dans une période d'exploitation plus active grâce à la terminaison d'une partie des installations définitives pour la perforation. Les compresseurs Colladon ont commencé à fonctionner et donnent d'excellents résultats. Ces appareils sont des pompes à air qui compriment en refroidissant l'air au moyen d'une circulation d'eau extérieure au cylindre et intérieure au piston. L'avantage réalisé par ces appareils sur ceux qui mettent en contact de l'air et de l'eau est très grand, car on perd toujours une très grande quantité de force motrice à agiter l'eau, et d'ailleurs, l'air comprimé présente l'inconvénient d'être complètement saturé d'humidité.

On a, paraît-il, conçu dans ces derniers temps l'espoir d'obtenir un grand progrès dans la vitesse d'avancement du percement de la galerie de direction. Ce résultat serait dû à l'emploi de fleurets aciérés par un procédé particulier et imaginé par un industriel suisse.

Ce procédé est bien réel, paraît-il, car j'ai su qu'un établissement de construction de machines de notre ville qui depuis peu avait

acheté le secret d'aciération pour l'appliquer à ses outils, en a déjà recueilli une très notable économie.

Quant à la question de savoir si l'on rencontrera des difficultés imprévues par le fait de l'abondance des eaux d'infiltration, elle en est toujours au même point. Du côté d'Airolo, où l'on avait eu quelques difficultés au début, il paraît que les écoulements ont beaucoup diminué. Quant à ce que peut réserver le cœur de la montagne, il est très difficile de le prévoir. En effet, le massif que doit traverser le tunnel est un véritable centre d'où rayonnent plusieurs chaînes de montagnes, d'où partent les sources de nombreuses rivières, affluents du Rhin, du Rhône, du Pô. C'est un centre de soulèvement souterrain qui pourrait avoir occasionné dans les terrains supérieurs des fissurations concentriques en forme de cœur d'artichaut. D'autre part, si on atteint et que l'on reste dans un terrain de formation ignée, les chances favorables peuvent être très nombreuses.

Ligne d'Italie. — La mise aux enchères de la ligne d'Italie n'a amené jusqu'à présent à aucun résultat. Cette malheureuse affaire, qui a absorbé tant de capitaux français, paraît vouée à une sorte de fatalité. Et pourtant, il semble bien avéré, d'après les études qui ont été faites autrefois en Suisse, qu'elle aurait présenté de grands avantages pour la Suisse française et pour une partie de la France. Il est à croire que le percement du Saint-Gothard retardera encore de longtemps une solution favorable de cette question. En effet, l'activité probable du trafic actuel avec l'Italie ne paraît pas devoir être capable de défrayer un trop grand nombre d'entreprises rivales. J'ai même entendu des personnes intéressées à l'ouverture de cette ligne considérer cette entreprise comme peu assurée de succès pour la période actuelle de trafic. D'autre part, je sais qu'un ingénieur italien, le député Agudio, qui au Mont-Cenis exécute des expériences sur un chemin de fer à forte pente (25 à 30 0/0), je crois, au moyen de câbles télodynamiques, avait l'espérance d'arriver à des résultats capables de tourner provisoirement la difficulté du percement. Je dois dire que depuis un an, je n'ai plus rien appris à cet égard.



NÉCROLOGIE

PIERRE BRIQUELER

Pierre Briqueler naquit le 28 juin 1823 à Rumilly (Haute-Savoie).

Il fit ses études au collège de Chambéry qu'il quitta fort jeune.

En 1841, à peine âgé de 18 ans, il fut envoyé au Sénégal par son oncle Jean Briqueler qui possédait dans cette colonie des comptoirs importants. Pendant plus de trois ans il les dirigea avec une grande habileté. Mais le climat ne devait pas, comme à tant d'autres, du reste, lui permettre un long séjour dans ces contrées. Ne pouvant plus maîtriser la fièvre dont il avait subi les premières atteintes depuis quelques mois, il dut se résigner à quitter un pays où il avait pu faire remarquer son activité et son initiative.

Dès qu'il fut de retour en France, sa robuste constitution triompha rapidement de son mal et il put bientôt s'occuper de nouveau des affaires qu'il avait entreprises au Sénégal. Il fut alors envoyé à Venise pour s'entendre lui-même directement avec les fabricants de verroteries, principal objet d'échanges pour les populations avec lesquelles il était en rapport.

Il renonça bientôt au commerce pour s'occuper exclusivement d'industrie. Pendant plus de deux ans, il parcourut la Toscane s'occupant de recherches de mines et de leur exploitation. Les recherches avaient trait surtout à l'antimoine. Il eut à négocier l'achat de mines exploitées dont il avait été chargé de reconnaître l'importance.

Les connaissances dont il fit preuve dans ces différentes missions, le firent désigner en 1847 pour aller diriger des recherches de mines en Algérie aux environs de Tenès. Le fer, le plomb, le cuivre surtout, devaient faire l'objet de ses recherches. Après avoir obtenu la concession des mines de l'Oued-Allelah dont il avait reconnu l'importance avec le concours de M. Amédée Burat, il fut nommé directeur général des travaux entrepris par la société constituée sous le nom de Compagnie des mines de Tenès, gérant M. Le Moulec.

Jouissant d'une influence considérable dans la contrée, il sut protéger l'exploitation naissante contre l'hostilité des populations arabes

et il concourut à la défense du territoire où il faisait ses recherches, par la construction d'un blockhaus qui porte encore son nom. ♥

Sa conduite loyale et son cœur excellent lui avaient acquis l'estime et l'affection des officiers chargés alors de protéger les débuts des exploitations minières en Algérie ; et, à vingt ans de là, il retrouva parmi ceux que la mort avait épargnés, et qui étaient devenus généraux et maréchaux de France, les meilleurs souvenirs de leurs anciennes relations.

Vers 1854, nous le retrouvons ingénieur à la Société des usines métallurgiques réunies de Septèmes, qu'il quitte bientôt pour mettre son intelligence et sa haute probité au service de la Société Mirès, qui fondait à Marseille de grands établissements industriels.

Après avoir concouru activement à la création des usines à gaz d'Arcenc et des Hauts Fourneaux de Saint-Louis, il se trouva naturellement désigné pour le poste de directeur de l'exploitation de ces importants établissements.

Là, comme en Afrique, bien qu'absorbé par les travaux de sa direction, il se préoccupa toujours d'améliorer le sort de ses ouvriers et employés.

Sous une certaine vivacité de caractère, il cachait une grande bonté. Jamais une demande adressée par une réelle infortune ne le trouva insensible ; aussi que de personnes secourues par lui avec la plus grande discrétion, et que de bienfaits dans l'ombre !

Mais sa grande sensibilité cachée, était précisément l'écueil d'une santé qui paraissait à toute épreuve. A une certaine époque, une maladie de M^{re} Briqueler, la mort de son père, puis les événements qui ont frappé notre pays dans ces dernières années lui avaient causé des émotions poignantes, et c'est peut-être là qu'il faut chercher le principe du mal qui l'a si rapidement enlevé.

Après quelques mois d'une cruelle maladie que n'ont pu enrayer ni les secours de l'art, ni les soins attentifs d'une compagne dévouée, Pierre Briqueler s'est éteint le 10 novembre 1873 dans son pays natal où il était allé chercher, dans un air plus pur, un soulagement à ses souffrances.

Il laisse à tous le souvenir d'un homme de bien et de travail. La Société scientifique perd en lui un membre dévoué aux progrès de la science et de l'industrie, un des premiers qui ont contribué à sa fondation et à sa prospérité.



COMPTES-RENDUS

DES

SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE INDUSTRIELLE



Assemblée générale du 9 Janvier 1874.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance ; le procès-verbal est adopté.

Il est procédé au vote pour la modification de l'article 4 des Statuts ; la modification est adoptée à l'unanimité.

Par suite l'article se lira.

« Est membre associé celui qui, n'habitant pas Marseille, paie
« une quotité annuelle de 20 francs, sans droit d'admission, lui
« donnant le droit de recevoir toutes les publications faites par la
« Société, et d'assister aux conférences. »

La parole est donnée à M. Croullebois, pour sa communication sur le saccharimètre de Cornu.

M. Croullebois rappelle qu'il a donné, dans sa première communication, les principes théoriques fondamentaux de tous les saccharimètres.

Il expose que le saccharimètre Soleil offre de nombreux inconvénients, et les passe successivement en revue : un premier inconvénient résulte, suivant M. Croullebois, de la complication de l'appareil de Soleil, et du grand nombre de ses pièces essentielles.

Deux de ces pièces, le compensateur et le reproducteur de teintes sensibles, sont particulièrement susceptibles de critiques fondées.

Pour ce qui est du compensateur, M. Croullebois fait remarquer que cette pièce ne permet pas d'évaluer directement la richesse saccharine de la liqueur soumise à l'essai saccharimétrique, ou, ce qui revient au même, la déviation qu'elle fait subir au faisceau lumi-

neux polarisé, par une mesure angulaire. Cette évaluation repose sur l'apparition d'une *teinte sensible* de passage indiquant l'instant où la compensation est établie; cette teinte sensible de passage est difficile à retrouver dans la série des essais, son appréciation varie légèrement d'un observateur à l'autre, et peut même être faussée complètement sous l'influence de l'affaiblissement ou de l'altération anormale de l'organe visuel.

La compensation n'est plus exactement réalisée, si le système des quartz compensateurs n'est pas rigoureusement normal au faisceau lumineux polarisé.

Quant au reproducteur de teintes sensibles, cette pièce ingénieuse, mais d'installation délicate, ne suffit pas toujours à la tâche qui lui est assignée dans l'appareil, c'est-à-dire à ramener à son maximum de sensibilité, la teinte sensible de passage, lorsque celle-ci est modifiée par la coloration plus ou moins forte de la liqueur à analyser.

On est alors obligé de recourir à la défécation par le sous acétate de plomb, à la filtration de la liqueur, ce qui est long, et même à la décoloration par le noir animal, ce qui peut diminuer sensiblement la richesse saccharine de la liqueur.

M. Croullebois décrit sommairement le saccharimètre Cornu, en insistant sur ses deux pièces essentielles, le polariseur et l'analyseur, sur la marche de la lumière dans l'appareil, et la disposition de la double alidade à Vernier, permettant de corriger l'excentricité possible de l'alidade sur le limbe gradué.

M. Croullebois fait ressortir la supériorité que présente le saccharimètre Cornu, par la simplicité de sa construction, la facilité et la rapidité des observations, et enfin par la mesure directe de l'angle de rotation du plan de polarisation rendant possible l'extension de son emploi à toutes les substances rotatoires.

Après avoir exposé le mode de calcul et d'opération à suivre pour l'évaluation, au moyen du saccharimètre Cornu, des quantités de sucre dextrogyre et l'évogyre contenues dans une substance saccharine donnée, M. Croullebois, termine en annonçant à la Société une prochaine communication sur un appareil de son invention, pour l'analyse des mélanges d'huiles.

M. Stapfer retrace en quelques mots, les principes qu'il a établis dans une précédente communication sur les machines à vapeur.

Il rappelle que le rendement théorique est sensiblement le même, avec ou sans enveloppes de vapeur autour des cylindres.

La meilleure utilisation possible de la force mécanique de la vapeur est obtenue dans les machines à condensation et à plusieurs

cylindres successifs, la vapeur introduite dans le petit cylindre se détendant dans le grand.

M. Stapfer se propose de rechercher quelles sont les meilleures machines de ce type dans leur application à la navigation à vapeur.

Il fait d'abord remarquer que, pour avoir un bon rendement dans une machine de bateau, la vitesse de l'hélice motrice doit être très régulière, ou ce qui revient au même, le couple de rotation constant : le bateau par sa masse considérable, peut bien compenser les variations de vitesse du propulseur, mais cette compensation se traduit par une perte d'effet utile, d'autant plus forte qu'elle est proportionnelle au cube du recul.

Il est donc essentiel d'avoir une machine à mouvement de rotation sensiblement uniforme.

Après ces considérations générales, M. Stapfer, indique la marche à suivre pour déterminer le *coefficient de régularité* de la machine, coefficient qui indique le rapport du maximum au minimum dans l'effort tangentiel sur la manivelle.

M. Stapfer applique la recherche du coefficient de régularité à plusieurs types de machines de bateau : par la comparaison des coefficients obtenus, il met en relief la supériorité d'une machine du type Compound, à deux cylindres inégaux avec détente dans les deux cylindres, le volume du petit cylindre étant le cinquième du volume du grand, et la détente de la vapeur de huit fois.

M. Stapfer fait voir en terminant qu'il faudrait introduire dans les tracés graphiques qui donnent le maximum et le minimum absolu dont le rapport est le coefficient de régularité, les longueurs représentatives des poids relatifs aux pièces en mouvement.

Pour diminuer leur influence perturbatrice, on a cherché à rendre ces poids les plus faibles possibles : on a également cherché à équilibrer les pièces entre elles, par exemple dans un type de machines à quatre cylindres, dont M. Stapfer, décrit la disposition.

Il rappelle l'emploi efficace d'un volant dans les machines à une seule manivelle, de M. Holt, de Liverpool, machine dont la marche est très régulière, mais qui exige un emplacement spécial.

La Société a reçu membres fondateurs :

M. Arnaud, fabricant de tuiles.

M. Guilbault, représentant de la Maison Nicolle.

Séance mensuelle du 12 Février 1874.

Présidence de M. TERNANT.

Lecture du procès-verbal de la dernière séance lequel est adopté.

M. Denamiel, donne lecture d'une note de M. Flournois, membre correspondant, sur les entreprises industrielles de la Société des Eaux et Forêts à Fribourg : La ville de Fribourg, peu industrielle jusqu'à ce jour, vient de voir naître une groupe d'industries, grâce à une nouvelle entreprise dirigée par M. Ritter, ingénieur de l'Ecole Centrale de Paris. Utilisant les dispositions topographiques du pays et le cours de la Sarine, rivière profondément encaissée entre deux plateaux qui la dominant de 80^m environ, la Société des Eaux et Forêts, par un barrage jeté en un point de la rivière, a créé une chute importante à laquelle diverses industries achèteront leur forces motrices.

Au nombre de ces industries, il faut citer :

1° La Société des glaciers, irrigations et pisciculture, qui utilisera les engrais de la ville, exploitera la glace formée sur le lac artificiel, créé par le barrage, et fera de la pisciculture sur une grande échelle ;

2° Une fonderie ;

3° Une grande fabrique de wagons ;

4° Une fabrique d'engrais chimiques ;

5° Une papeterie de bois ;

6° Une minoterie.

M. Flournois ajoute à cette communication quelques détails sur le percement du Saint-Gothard, et sur les lignes ferrées d'Italie.

Le percement du Saint-Gothard avance assez rapidement, grâce aux bons résultats donnés par le perforateur Colladon ; on espère obtenir un grand accroissement de vitesse par l'emploi de fleurets aciérés au moyen d'un procédé spécial imaginé par un industriel suisse.

On ne peut prévoir quelles difficultés on rencontrera au cœur de la montagne.

La mise aux enchères de la Ligne d'Italie, n'a amené jusqu'à présent aucun résultat. Il y a lieu de craindre que ce projet ne soit encore longtemps ajourné.

M. le président communique à la Société une lettre de M. Dollfus, président de la Société industrielle de Mulhouse, demandant que les procès-verbaux de nos séances lui soient communiqués peu après ces séances, et par conséquent avant l'apparition du *Bulletin*. La question sera examinée par le Bureau au point de vue pratique.

M. Déménieux décrit un perfectionnement artistique des tuyaux de descente qu'il a inventé. Le système consiste à faire contribuer ces appareils à la décoration des façades, en leur donnant l'aspect de colonnettes. Les grandes lignes architecturales ne sont pas interrompues. A la hauteur de chacune d'elles, la pierre à l'aplomb du tuyau, se profile en socle ou en chapiteau. Ce socle ou ce chapiteau est percé d'un trou qui continue le tuyau de zinc. Dans l'intérieur de ce trou on peut placer un conduit en terre cuite qu'on cimente à la pierre par un mortier de chaux hydraulique et de sable. Ce système est facilement démontable et se nettoie aisément.

M. Déménieux démontre par des exemples qu'on peut l'appliquer dans tous les cas.

M. Laugier appelle l'attention de l'assemblée sur l'importance de l'étude des eaux de la mer, surtout au point de vue de leur constitution chimique. L'industrie des marais salants doit à cette étude ses progrès et son développement, ainsi que le degré de pureté remarquable du sel marin, actuellement livré au commerce. C'est en se basant sur les indications de l'analyse que l'on a pu, des eaux-mères des marais salants, inutilisées jusque là, retirer, par des cristallisations successives et les réactions réciproques (sous l'influence d'un abaissement de température), les sels de potasse et de magnésie. De ces sels, les premiers ont une valeur considérable pour l'industrie et l'agriculture.

Il revient à M. Dony l'honneur d'avoir, l'un des premiers, par des analyses remarquablement précises, frayé la route à cette utilisation des eaux-mères des marais salants, aujourd'hui passée dans le domaine pratique des faits, grâce aux derniers et récents perfectionnements réalisés dans l'usine Giraud, en Camargue, appartenant à la compagnie H. Merle, sous la direction habile de M. Levat. La fabrication indigène des sels potassiques méditerranéens, qui aujourd'hui soutient la concurrence des sels similaires de Strassfurt, sur les marchés français, arrivera, il y a lieu de l'espérer, à exonérer ceux-ci du tribut prélevé par la production allemande.

En présence de cette utilité considérable des analyses des eaux de la mer, il est à regretter que la plupart d'entre elles, même celles faites par des hommes spéciaux, ne soient pas immédiatement comparables, par l'omission peut-être involontaire, du degré de densité de l'eau de mer analysée, et de l'état hydraté ou anhydre auquel les sels ont été dosés. Pour la Méditerranée en particulier, la proportion d'éléments salins, croissant ainsi que le faisait remarquer M. Ternant, dans une récente conférence, jusqu'à 300 brasses environ, pour diminuer ensuite, deux échantillons pris, l'un à la surface, l'autre à 100 brasses de profondeur, donneront deux analyses discordantes en apparence, si, par l'observation du degré de densité des deux échantillons, on ne ramène pas les deux analyses au même poids spécifique. Dans d'autres analyses se trouvent des erreurs de dosage portant surtout sur la détermination du brôme et de la magnésie, erreur en plus pour le premier de ces deux corps, en moins pour le second.

Il y a enfin quelques analyses où l'on voit figurer simultanément des composés salins, dont la coexistence ne peut être admise, à moins de renverser les lois fondamentales de Berthollet.

C'est une erreur de ce genre qui s'est glissée dans une analyse chimique des eaux du bassin d'Arcachon, analyse publiée en 1853, par M. Fauré, pharmacien à Bordeaux, et reproduite dans la dernière édition du *Traité de Chimie*, de M. Payen.

Cette analyse fait en partie le sujet de la communication de M. Dony, dont M. Laugier donne lecture à l'Assemblée : M. Dony, fait voir que l'eau de la mer proprement dite a une composition partout la même en éléments salins, pourvu qu'on rapporte les analyses au même degré de densité ; que les eaux d'Arcachon ne font pas exception à cette règle, et que des différences notables de composition se constatent seulement dans les étangs salés qui ne sont pas en communication directe avec la mer. En discutant l'analyse de M. Fauré, il montre, qu'indépendamment de l'erreur capitale provenant de la coexistence du sulfate de magnésie et du chlorure de calcium dans les éléments dosés, il y a d'autres erreurs portant sur le dosage des sels et en particulier sur ceux de potasse, que M. Fauré ne mentionne pas dans son analyse et dont il paraît ignorer l'existence dans les eaux de la mer. En terminant la lecture du travail de M. Dony, M. Laugier signale une erreur semblable à celle de l'analyse de M. Fauré, dans une analyse de l'eau de la mer du Nord, publiée dans le *Traité de Chimie industrielle*, de M. Wagner.

Dans cette analyse, du chlorure de calcium est dosé en présence de sulfate de magnésie. La mer *Morte*, d'après le même auteur, con-

tiendrait également une forte proportion de chlorure de calcium, mais pas du tout de sulfate de magnésie; ce qui rend la présence du chlorure de calcium parfaitement admissible.

Analyse de Wagner, page 286.

	Mer du Nord.	Mer Morte.
Masse saline solide.....	3,31	22,30
Eau.....	96,69	77,70
Chlorure de sodium.....	78,04	36,55
» de potassium.....	2,09	4,57
» de calcium.....	0,20	11,38
» magnésium.....	8,81	45,20
Bromure de magnésium et sodium....	0,28	0,85
Sulfate de chaux.....	3,82	0,45
» de magnésie.....	6,58	0,00
Carbonates de chaux et magnésie.....	0,18	0,00
Substances bitumineuses azotées.....	0,00	1,00

Sont reçus membres fondateurs :

MM. Long, Mathieu, négociant ; Guisan, Edouard, ingénieur de la Société des pétroles.

Séance mensuelle du 12 Mars 1874.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, qui est adopté.

M. Lattès, analyse la note envoyée par M. Violle, membre correspondant, professeur à Grenoble (faculté des sciences).

Avant d'entrer dans les détails de la méthode qu'il a choisie pour la détermination de cet équivalent, l'éminent professeur esquisse à grands traits les travaux de ses devanciers.

La généralité du principe permettait heureusement d'arriver à cette détermination par des voies diverses, on avait donc là un précieux moyen de contrôler les résultats obtenus par un grand nombre d'expérimentateurs.

L'exemple fourni par le frottement donna un premier moyen de rechercher la valeur de ce coefficient numérique.

En 1849, M. Joule trouva directement le nombre 424.9.

Plus tard, M. Fabre trouvait 413 et M. Hirn 432 puis 425.

La transformation inverse de la chaleur en travail qui apparaît nettement dans les machines techniques a fait trouver en 1858 à M. Hirn le coefficient 398, et M. Fabre, avec une machine électromagnétique avait trouvé 443.

En 1857, M. Quintus Julius, échauffant un fil par le passage d'un courant électrique, trouvait 392.

M. Joule, par la détente des gaz, a obtenu des nombres très variables entre 417 et 452, et MM. Tresca et Laboulaye ont été conduits à fixer le chiffre de 433.

M. Violle préconise la méthode de Joule, perfectionnée par Foucault, qui fait agir un aimant sur un corps conducteur en mouvement.

Quand l'électro-aimant est en activité, on éprouve une grande résistance dans la rotation du disque, qui peut s'échauffer à 60° en deux minutes.

Il faut pour avoir un résultat exact et concluant :

1° Que le disque soit à la fin ; revenu au même état qu'au commencement de l'expérience.

2° Que l'échauffement du disque soit le seul effet produit.

M. Violle a trouvé :

435.2 avec du cuivre.

435.8 avec du plomb.

434.9 avec de l'aluminium.

En conséquence, il croit devoir proposer le nombre 435 pour l'équivalent mécanique de la chaleur.

Ce résultat semble trouver une confirmation dans la méthode qui est basée sur l'emploi de la formule

$$E = d \frac{p \cdot v}{C - c} \quad 1)$$

déduite des propriétés générales des gaz permanents et dont M. Lattès donne démonstration complète.

L'incertitude qui a si longtemps existé sur la valeur de C' -chaleur spécifique à volume constant, vient d'être levée, grâce aux récents travaux (1871) de M. Regnault, sur la propagation du son dans les gaz.

Il a trouvé pour $M = \frac{C}{c}$ la valeur 1.3945, valeur qui, dans la formule 1), donne

$$E = 436.08.$$

Ce qui se rapproche beaucoup du chiffre 435 adopté par M. Violle, et diffère assez peu du chiffre 431 que M. Edland, en 1865, avait déduit de la mesure des effets calorifiques qui se produisent pendant le changement de volume des métaux.

Le président regrette que M. Violle ne donne pas plus de détails sur ces récentes expériences qui tendent à faire abandonner le coefficient adopté par Zenner et Clausius, et espère que M. Violle voudra bien compléter son travail pour le *Bulletin*.

M. Julien, sur la prière de quelques membres, a bien voulu apporter à la séance l'appareil Orsat, pour l'analyse rapide des gaz et spécialement des produits de la combustion.

Cet appareil se compose d'un conduit général en verre, muni de robinets également en verre, d'un volume total qui n'excède pas 2 centim. cubes; d'un côté, le tube communique à volonté avec la source du gaz à analyser ou avec une trompe d'eau capable d'opérer une purge énergétique.

Sur son parcours, le tube peut être mis en communication avec l'un ou l'autre des vases à réactifs, et enfin son autre extrémité est évasée en forme de pipette graduée dans laquelle on opère aspiration ou refoulement, par un piston d'eau légèrement colorée.

Pour cette opération, la partie inférieure de la pipette graduée est reliée par un tube de caoutchouc avec un vase d'un litre environ, plein de liquide d'une solution très étendue d'acide chlorhydrique pur coloré par du sulfate d'indigo.

En soulevant ou abaissant le vase, on fait monter ou descendre le niveau du liquide dans la pipette qui marque 100 cent. cubes, quand le vase est posé sur sa planchette.

Le premier vase à réactifs contient du chlorure de cuivre ammoniacal dans lequel plonge une cloche qui termine le premier embranchement vertical du tube principal, dans cette cloche se trouvent des toiles de cuivre destinées à la fois à multiplier les surfaces de contact du liquide avec le gaz et à nourrir le réactif qui absorbe à la fois l'oxygène et l'oxyde de carbone.

Le deuxième vase contient du pyrogallate de potasse destiné à absorber l'oxygène seul, il ne diffère du précédent qu'en ce que la toile métallique est remplacée par un faisceau de petits tubes de verre.

Le troisième vase, semblable au second, contient une dissolution de soude caustique ou mieux de potasse destinée à absorber l'acide carbonique.

On comprend que, par un jeu de robinets, on peut :

- 1° Enmagasiner dans la pipette 100 cent. cubes de gaz ;
- 2° Faire passer ce gaz dans la potasse ; ce gaz repris dans la pipette ne contiendra plus d'acide carbonique ; la différence des deux volumes donnera la quantité de l'acide carbonique ;
- 3° Faire passer le gaz dans le pyrogallate, la différence des volumes 2 et 3 donnera l'oxygène ;
- 4° Faire passer le gaz dans le chlorure de cuivre ammoniacal ; la différence des volumes 3 et 4 donnera l'oxyde de carbone.

M. Thieblemont, qui a apporté quelques échantillons de gaz de hauts fourneaux, fait remarquer la grande sensibilité du chlorure de cuivre ammoniacal généralement considéré comme un mauvais réactif, et qui absorbe en une seule fois 19 0/0 de l'air atmosphérique.

Il recommande néanmoins de faire passer 5 ou 6 fois le gaz dans ce réactif pour l'épuiser, et de faire passer de 15 à 20 fois dans le pyrogallate pour doser l'oxygène.

Malgré ces précautions, un essai de gaz se fait facilement en 20 minutes à moins de 1/100 près, ce qui est un résultat précieux pour l'industrie.

Le Président remercie M. Julien, de son intéressante communication.

La Société a reçu membre fondateur, M. Bastouil, entrepreneur de charpentes.

La Société a reçu en échanges, pendant le trimestre,

de l'Association Scientifique de France :
les n° 322 à 334 de son Bulletin ;

de l'Union des charbonnages de Liège :
Ses Bulletins de février et mars 1874 ;

- de la Société d'Horticulture de Marseille :
Ses Bulletins de janvier, février et mars 1874 ;
- de la Société des anciens élèves des Ecoles d'Arts-et-Métiers :
Ses Bulletins de décembre 1873 et janvier 1874 ;
- de la Société des anciens élèves de l'Ecole Centrale :
Ses Bulletins de 1873 et l'Annuaire ;
- de la Société des Ingénieurs civils de Paris :
Ses procès-verbaux de janvier, février et mars 1874 ;
- de l'Institution of civil engineers de Londres :
Ses Bulletins de 70, 71, 72 et 73 avec Catalogue général ;
- De la Société Industrielle d'Amiens ;
Son Bulletin de novembre 1873 ;
- de la Société de Géographie de Paris :
Ses Bulletins de janvier et février 1874
- de la Société Industrielle de Mulhouse :
Ses Bulletins de janvier et février 1874 ;
- de la Société Scientifique et littéraire d'Alais :
Son Bulletin de 1873 ;
- de la Société d'Agriculture des Bouches-du-Rhône :
Son Bulletin de 1873 ;
- de la Société des Sciences Industrielles de Lyon :
Ses Bulletins 5 et 6 de 1873 ;
- des Annales Industrielles de Paris :
Les livraisons du 1^{er} trimestre 1874 ;
- de la Revue coloniale et maritime :
Les numéros de janvier, février et mars 1874 ;
- de la Revue Industrielle de Paris :
Ses numéros de janvier, février et mars 1874 ;
- de la Société française de photographie :
Ses Bulletins de janvier, février et mars 1874 ;
- de la Société française d'architecture :
Ses Bulletins de novembre et décembre 1873 et janvier, février et mars 1874 ;
- de l'Ecole de Commerce de Marseille :
Le cours de géographie commerciale professé à cette École par M. Bainier.

Don de M. Dieulafait :

Étude sur la zone a *Avecula contorta*, 4 volumes.

Les Cartes agronomiques, 1 volume.

L'Oolithe inférieure dans le Sud-Est de la France.

Extension en Provence de la grande oolithe, 1 volume.

Membres reçus pendant le 1^{er} trimestre.

Fondateurs : MM. E. ARNAUD, fabricant de tuiles.

» J. GUILBAULT, ingénieur civil.

» M. LONG, négociant.

» E. GUISAN, ingénieur de la Société générale des pétroles.

» BASTOUL, constructeur de charpentes.

Associés : MM. Amédée BUISSON, ingénieur à Manosque (B.-Alp.)

» PERNOLET, ingénieur, rue de Compiègne, n° 2, Paris.

» DEROS, ingénieur-architecte, à Grigny (Rhône.)

» MESDACH de TERKIELE, ingénieur, rue Saint-Paul, n° 28, à Paris.

» SIMON, ingénieur-mécanicien, à Aix (B.-du-Rhône.)

» LOBIN fils, constructeur, à Aix (B.-du-Rhône.)

» CHABAUD, directeur de la Société des Mines du Bassin Ouest de Graissessac, à Saint-Gervais.

» BIVER, directeur général des manufactures de glaces de Saint-Gobain, , rue Cherche-Midi, 21, à Paris.

» REVOLIER, ingénieur, à Saint-Etienne (Loire.)

» PELOUZE, administrateur de la Compagnie Parisienne du Gaz, rue Saint-Lazare, 55, à Paris.

» REVOL, Ernest, administrateur délégué de la Compagnie des fonderies, forges, à Saint-Etienne (Loire.)

VARIÉTÉS

AGENCEMENT ARCHITECTURAL

DES

TUYAUX DE DESCENTE DES EAUX PLUVIALES

Système de M. Alph. DÉMÉNIEUX, Architecte.

Dans tous les bâtiments en général, les constructeurs ont toujours à se préoccuper de l'écoulement des eaux pluviales.

Différents moyens ont été employés suivant les époques.

De nos jours, celui le plus usité pour amener les eaux de la toiture dans le ruisseau de la rue, consiste dans l'emploi des tuyaux de descente en zinc ou en fonte, plus ou moins ornementés.

Mais dans tous nos bâtiments, tant publics que privés, l'arrangement de ces tuyaux se raccorde généralement mal avec l'ensemble de la décoration des façades.

En effet, lorsqu'un bâtiment est à peine couvert, le ferblantier vient, et pour poser son indispensable tuyau vertical, il coupe sans vergogne et perce toutes les moulures horizontales, et rompt ainsi le cachet d'unité qui règne dans l'agencement architectural de la façade d'un bâtiment.

Depuis de longues années, choqué, comme tant d'autres, du peu de goût qui a présidé à la disposition de ces tuyaux de descente, nous avons pensé, il y a déjà vingt ans, qu'il devrait être possible : d'agencer ce tuyau avec l'ensemble de la décoration extérieure d'un bâtiment, tout en lui conservant son office spécial.

Partant de cette donnée, nous nous mîmes à l'étude, et en 1857 nous eûmes l'occasion d'en faire l'application immédiate dans trois maisons diverses que nous avions à construire.

Dans ces premiers essais, nous avons été assez heureux pour donner à la physionomie des tuyaux de descente sur façade :

1° Un aspect plus monumental et plus gracieux ;

2° Augmenter leurs avantages en les rendant plus faciles à démonter, à remonter et à réparer, le tout à volonté, sans la moindre dégradation, et cela par toute personne.

Aussi, après dix-huit ans d'expérimentation, nous venons en faire part à nos collègues, afin que chacun puisse en tirer parti et y apporter les perfectionnements qu'il aura reconnu nécessaires.

Nous avons dû, relativement aux terrains sur lesquels nous avons à édifier, adopter, suivant la section horizontale, trois dispositions différentes, tout en conservant toujours le même système général.

Ces trois dispositions sont les suivantes :

1° Disposition sur le nu d'un pilastre ;

2° Disposition dans un angle rentrant ;

3° Disposition sur un angle saillant.

Ces trois sortes de dispositions comportent à peu près tous les cas où l'on a à disposer des tuyaux de descente, et nous pensons que la description de l'une d'elles, accompagnée de figures, sera suffisante pour les faire comprendre toutes les trois.

L'agencement de ces tuyaux consiste à les convertir en colonnes décoratives, comportant bases et chapiteaux et faisant partie intégrante avec l'ensemble de la décoration.

Description de la fig. 1. — Cette première application du système est faite, comme l'indique le croquis, sur la surface et le milieu d'un pilastre, à la hauteur du 1^{er} étage. A partir du sol de la rue jusqu'au niveau du dessus de l'appui des fenêtres du 1^{er} étage, ce pilastre fait avant-corps et piédestal, et les pierres le composant sont toutes percées verticalement d'un trou de 0^m 16 cent. de diamètre, dans lequel on introduit, au fur et à mesure de la pose des pierres, des tuyaux de poterie émaillée intérieurement (1) et qui ont 0^m 12 cent. de diamètre extérieur.

(1) Ces poteries se trouvent en diverses longueurs et diamètres dans le commerce.

On a soin de choisir des tuyaux dont la longueur permette de faire la jonction dans le milieu de la hauteur des assises de pierres de taille, et lorsque ces tuyaux sont posés, on remplit le vide entre le tuyau et la pierre avec de la laitance composée de chaux hydraulique et sable lavé ou du ciment.

De cette façon, tous les tuyaux de poteries sont solidement scellés et relient entr'elles toutes les pierres, et en forment ainsi un petit contrefort pour ainsi dire monolithe.

Arrivé au niveau de l'appui du 1^{er} étage, on supprime, jusqu'à la hauteur du chapiteau, l'emploi des tuyaux de poterie, qui sont remplacés par la colonne-tuyau, qui est faite en zing et qui a 0^m 15 à 0^m 16 cent. de diamètre, sur 2^m 00 cent. de long (la plus grande longueur des feuilles de zinc).

Le chapiteau est en pierre de taille tendre comme le reste de la façade, et est bâti dans le corps de la maçonnerie.

Il est percé d'un trou conique renversé et revêtu d'un manchon en plomb soudé qu'on laisse dépasser de 8 à 10 cent. en contrebas du chapiteau, de façon à présenter un tourillon creux de 10 cent. de diamètre extérieur, sur lequel viendra s'emboîter, après le ravalement terminé, la colonne-tuyau.

La base de cette colonne est aussi en pierre et percée dans sa hauteur, arrasée au fut de la colonne du côté qui doit toucher la façade et portant dans toute sa hauteur, de ce côté, une entaille verticale, du diamètre de la partie inférieure de la colonne à laquelle elle doit servir tout à la fois, d'ornement et de point d'appui.

La colonne-tuyau est faite en zinc n° 14 et peinte d'avance en faux marbre en rapport de ton avec la pierre de la façade.

On la pose ordinairement aussitôt après l'achèvement du ravalement.

Ces sortes de tuyaux-colonnes font bon effet et nous paraissent réunir tout à la fois l'utile à l'agréable. On peut, selon son goût, en varier la forme, les dimensions et l'ornementation, suivant les besoins, c'est là l'affaire des architectes ou constructeurs qui ont à les employer.

Nous croyons, après expérience, que cet arrangement des tuyaux de descente est tout à la fois, solide, durable, d'un entretien et d'un démontage et remontage très faciles, c'est pourquoi nous avons cru devoir en faire part.

De plus, ils fournissent à l'architecte un élément décoratif qu'il peut varier à volonté et suivant tous les styles, car tous comportent à peu près l'emploi des colonnes.

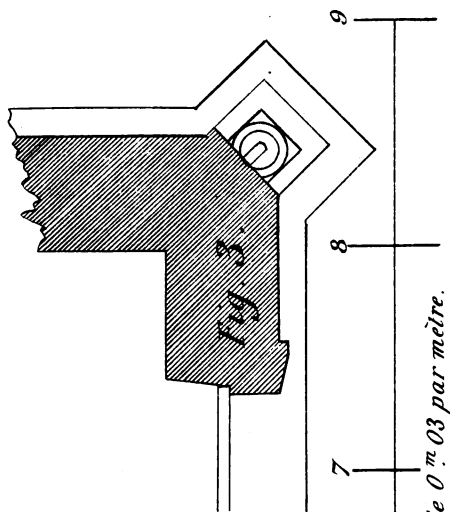
Lorsqu'une de ces colonnes-tuyaux vient à s'engorger par une cause quelconque, on peut immédiatement y remédier.

On retire à soi la base de la colonne, celle-ci se désemboîte du haut et devient libre.

On la nettoie et on peut ensuite, sans le secours du ferblantier, la remettre tout de suite à sa place.

L'un des Secrétaires, gérant :

F. ROUFFIO.



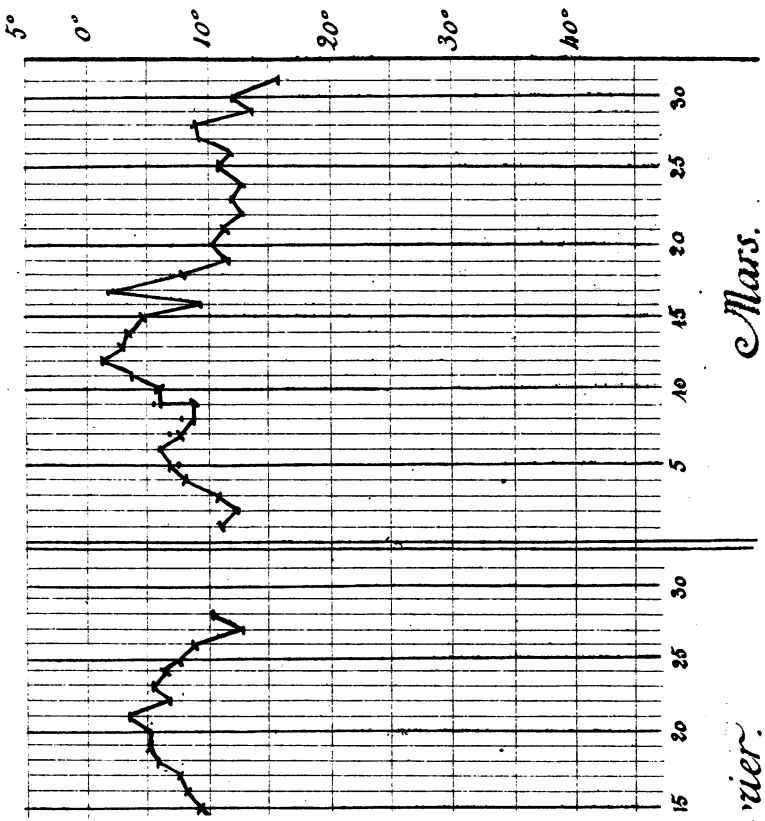
0^m.03 par mètre.

ALP^{SE} DÉMÉNIEUX,
Architecte, Inventeur.

m

nestre 1874.

perature.



Mars.

rrier.

ÉTUDE SUR DIVERS GISEMENTS DE COMBUSTIBLES

DANS LA PROVINCE DE TERUEL (ESPAGNE)

Par M. VILLOT,

Ingénieur au corps des Mines (1).



§ 4. — Bassin d'Utrillas.

J'arrive à la partie la plus importante des gites observés.

Lorsqu'on part de Canizar pour se rendre à Utrillas, on passe par les villages de Cabra, Palomar et Escucha. Entre Canizar et Cabra on ne tarde pas à quitter la formation lignitifère pour s'élever sur des terrains beaucoup plus anciens que ceux qu'on a parcourus jusqu'alors, mais à Cabra même on n'est pas loin d'un nouveau développement des argiles et sables bigarrés C; on les aperçoit s'enfoncer dans un ravin qui conduit à Montalban et il y a là encore, d'après le dire des personnes qui m'accompagnaient et d'après aussi des observateurs antérieurs, un beau développement de couches charbonneuses. C'est très vraisemblablement l'équivalent des lignites de Gargallo et D'Esteruel. Il ne m'a pas été possible de consacrer une journée pour descendre à Montalban par le Rio Cabra et de juger de l'exactitude de ces renseignements.

Quittons donc Cabra, rentrons dans les roches anciennes A et par un chemin de montagne parallèle à la crête qui commence à se dessiner de la Loma de San-Just y Pastor, arrivons à Palomar. *Fig. 1.*

Le village est bâti sur les calcaires A, mais tout près de leur jonction avec les calcaires jaunes à Cérithium (B); à cet égard, la localité est des plus intéressantes. Quand de la Posada, on descend sur la route d'Escucha, on rencontre sur le sentier abrupt des Cargneules qui appartiennent au terrain A; sur ces Cargneules, et avant même

(1) Voir page 19, 1^{er} trimestre.

Mine de Clemente.

d'être arrivé au chemin, viennent se reposer les grès ferrugineux à Trigonies B; en quittant le chemin on peut, à 500^m environ au Sud Ouest du village, constater pour la première fois l'existence d'une couche de charbon dans l'étage B. C'est la mine de Clemente. Elle a 60 à 70 centimètres d'épaisseur, elle est dirigée H. 11, plonge à l'Ouest de 20° environ, a pour toit un banc de schiste surmonté d'un gros banc de grès compact qui paraît offrir des garanties de solidité pour des travaux souterrains d'exploitation. Le charbon y est encore traversé de lamelles de sulfate de chaux, et cependant, comme on le verra plus loin, est très pur et très peu sulfureux, il est sensiblement plus dur que tout ce que l'on a vu jusqu'alors.

Les résultats de l'essai sont consignés au tableau suivant :

Cendres	0.02	} 1.00
Carbone fixe	0.51	
Matières volatiles	0.47	
Soufre	0.0023.	
Pouvoir calorifique rapporté au carbone pur	0.689	
» » » charbon de Fuveau	1.01	
» » des matières volatiles rapporté au carbone pur	0.179	
Pouvoir calorifique des matières volatiles rapporté à celui des matières volatiles du Fuveau	0.796	
Cendres grises jaunâtres. Coke pulvérulent.		

Presque immédiatement au dessous de la mine, qui paraît avoir été simplement grattée à l'affleurement, on aperçoit l'étage des argiles bariolées, mais il est loin d'avoir l'énorme épaisseur qu'on constatera plus loin. Nous sommes ici, en un mot, probablement dans les environs du rivage de l'ancienne mer qui a déposé les vastes sédiments B et C et qui, près de ses bords, ne constituait qu'une formation amincie.

Revenons sur le chemin d'Escucha, nous ne tarderons pas à quitter en biais les bancs jaunes, nous marchons en effet sur les couches de plus en plus supérieures de B, et nous retombons dans C. Ce dernier étage, comme du reste dans les bassins de Gargallo, d'Ariño, peut se subdiviser commodément, avons-nous dit, en deux sous-étages; dans l'inférieur, règnent les argiles, dans le supérieur, au contraire, les sables prédominent presque exclusivement. Aussi bien que dans les localités précitées, la subdivision inférieure renferme ici des couches de lignite, et, entre Palomar et Escucha, on peut les voir très-bien en deux endroits :

1° Dans un barranco dont les parois déchirées suivant les formes les plus fantastiques offrent l'image du chaos. On le traverse quelque temps après être sorti de Palomar; le sentier y descend et du fond du thalweg, on a sous les yeux des affleurements à peu près inaccessibles d'argiles bleues ou noires s'enfonçant manifestement sous la Sierra de San-Just, dans la région où elle perd un peu de hauteur et d'apreté.

La coupe *fig. 2* donne une idée des choses.

2° Les argiles inférieures du système C se voient encore un peu plus loin aux mines du Curé de Palomar (*q*). Celles-ci sont situées sur le versant gauche du ravin qui descend à Escucha, et sur la même rive gauche duquel se tient aussi le chemin depuis qu'on a passé le barranco dénudé dont il vient d'être parlé. Plusieurs ouvertures y sont pratiquées, et paraissent avoir desservi un assez grand développement de chantiers.

Mines de Palomar.

Du point précédent jusqu'en vue des mines de la Madrilena on reste dans les sables supérieurs.

Mines
de la Madrilena.

Les mines de la Madrilena sont ouvertes près du ravin qui descend d'Escucha et sur sa rive gauche. Elles sont dans le système B, on y distingue quatre couches qui sont en allant de bas en haut :

1° Une couche de 1 mètre d'épaisseur, bonne;

2° à 3 mètres au-dessus, une couche de 0,50 d'épaisseur, moins bonne;

3° A une hauteur de (?) au-dessus, une couche de 0^m,80 à 1^m, bonne;

Et 4° enfin à 3^m, encore au-dessus, une autre de 0^m,50, moins bonne.

Six ouvriers y sont occupés, dont 4 piqueurs et 2 rouleurs. Ils travaillent de 8 heures du matin à midi et de 2 heures à 6 heures et peuvent enlever 160 arrobas par jour (environ 2,200 kilog). Les galeries se soutiennent assez bien; il faut du bois cependant. Les chantiers consistent purement en galeries de traçage et de recoupe laissant entre elles des piliers. Le charbon y est bien moins fragile que tout ce qui a été vu jusqu'à présent; cependant, il est encore moins solide que le bon lignite des Bouches-du-Rhône, il serait intermédiaire entre lui et ce qu'on appelle le *friable* à Gréasque ou à la Valentine; pour en donner une idée, je dirai que des échantillons que j'ai rapportés de ce voyage et qui pouvaient avoir comme dimensions dans les trois sens 5, 6 et 8 centimètres, ne résistaient

pas à un effort des mains pour les diviser en deux morceaux, dont l'un était employé pour l'essai et dont je gardais l'autre; et l'effort n'était pas le maximum qu'on puisse produire. C'est là un point très important à considérer au point de vue des transports. Cependant cette mine peut fournir des mottes dans la proportion des $\frac{2}{3}$ environ de l'abattage; au reste, voici les proportions qui m'ont été données: sur 66 arrobas, on en fait 40 de gros, 20 de grêlasson (un très beau grêlasson qui passerait pour du *petit* gros à la Valentine) et 6 du menu qui serait un *petit* grêlasson), le vrai menu est laissé dans la mine ou jeté. Les prix rapportés aux 100 kilos sont à quelques centimes près 1 fr. pour le gros et 90 c. pour le grêlasson. Le petit grêlasson ne se vend pas. Un chef ouvrier qui dirige le travail fait partie du personnel. Les piqueurs gagnent 1 fr. 50 par jour et le chef ouvrier 1 fr. 75. J'ignore le prix au juste des rouleurs. Il doit se rapprocher de 1 fr.

Deux échantillons ont été prélevés sur les couches données comme bonnes par les ouvriers. Ils ont fourni à l'essai ordinaire les résultats suivants :

	Couche inférieure.	Couche supérieure.
Cendres.....	0.03	0.03
Carbone fixe.....	0.49	0.53
Matières volatiles...	0.48	0.44
Soufre.....	0.0071	0.0061
Pouvoir calorifique rapporté au carbone pur.....	0.664	0.672
Pouvoir calorifique rapporté au charbon de Fuveau..	0.975	0.987
Pouvoir calorifique des ma- tières volatiles rapportées au carbone pur.....	0.174	0.142
Pouvoir calorifique des ma- tières volatiles rapportées à celles du charbon de Fuveau	0.77	0.63
Cendres.....	gris très clair.....	Blanches.
Coke.....	Pulvérulent.	Légèrement agglutiné.

Le pendage des couches, aux mines de la Madrilena, est très faible et l'on remarque même que si on le considère sur les deux berges du ravin, il est en sens inverse; tandis que sur la rive gauche les bancs pendent au Nord, de l'autre côté, les couches s'inclinent vers le Sud.

On observe de plus que, entre le ravin considéré et la Loma di San Just, se trouve un relief formé des sables supérieurs C, qui laissent entre eux et les pentes rapides de la montagne une espèce de vallée ou de dépression.

Dans cette dépression et en un point qu'il ne m'a pas été possible de visiter faute de temps, l'on exploite, paraît-il, les mêmes couches qu'à la Madrilena, comportant les mêmes épaisseurs et séparées par les mêmes bancs de roches. Le tout finit par s'enfoncer sous la Loma de San Just y Pastor. *Fig. 3.*

D'Escucha, on peut, pour se rendre à Utrillas, ou remonter jusqu'au chemin de Val de Conejos en franchissant la partie supérieure du ravin de Moral, ou prendre ce dernier ruisseau qui vient déboucher à l'est d'Utrillas et se jette dans le Rio Martin, à 3 kilomètres au-dessus de Montalban. J'ai parcouru les deux chemins et cela est utile pour se former en peu de temps une idée un peu exacte de la manière dont les divers terrains se superposent, qui est moins simple que dans le bassin de Gargallo.

Le ravin de Moral est séparé de celui de ses affluents que longe le chemin de Val de Conejos et qui porte le nom de la Pessadilla, par une crête dite Cabezo del Moral, formée, en partie tout au moins, des calcaires inférieurs A. Cette crête s'étend sur la rive droite du Rio Moral et y prend le nom de los Peregrinos. Les terrains lignitifères m'ont paru la contourner et se diviser en deux branches à partir d'Utrillas pour venir se réunir dans les environs d'Escucha. L'une de ces branches, la plus importante, se tient entre le massif dont il vient d'être parlé et la Loma de San Just y Pastor, et l'autre, que je n'ai pu suivre, passerait dans un ravin (ravin Saucar ?) qui conduit d'Utrillas à Cuatro Dineros, et viendrait se réunir à la première, à l'ouest d'Escucha.

Calcaires inférieurs,
au centre du
Bassin.

Le calcaire ferrugineux à Trigonies d'abord (B) et ensuite les sables et argiles supérieures C se moulent ainsi sur l'étage ancien, qui occupe le centre de la formation.

En montant d'Escucha vers le chemin de Val de Conejos, on est en plein dans le système B; près de sa jonction avec les sables et argiles C, dans le barranco de los Mosqueras (?) on constate l'existence de 2 couches de charbon dirigées H. 8 et plongeant au sud, et au-dessous, au sein du même système B, on peut visiter 3 ou 4 ouvertures servant à exploiter le Jayet qui, pour deux exploitants d'Utrillas, est une source de revenus véritables, sur laquelle je donnerai plus loin quelques détails.

Couches du ravin
de la
Mosqueras.

Le point S, où je figure sur le plan ces affleurements, n'a pas été marqué sur place et je dois faire observer que son approximation est dès lors un peu douteuse.

Travaux du col.

En T, on peut voir des travaux relativement sérieux : ce point est à un petit col duquel on ne fait plus que descendre pour se rendre à Utrillas ; l'ouverture, où l'on travaille en ce moment est pratiquée depuis septembre 1871 seulement ; deux couches y existent : l'une, la supérieure, a 1^m,50 d'épaisseur ; l'autre est à 3^m. au-dessous ; je ne trouve pas son épaisseur consignée dans mes notes. L'exploitation est concentrée dans la couche supérieure, on y entre par une descenterie ; on divise la couche par galerie de 1^m,50, et des recoupes, laissant entre elles des piliers de 2^m. de côté. Les ouvrages tiennent sans boisage, et bien que, si plus tard on y installait des travaux de longue durée, on ne pourrait pas se flatter de ne jamais boiser, cependant on peut dire que les dépenses de ce chef seraient probablement extrêmement faibles. (Fig. 4.)

La mine occupait 5 ouvriers ; la semaine suivante, elle devait en avoir le double. Les conditions de travail (durée, production, main d'œuvre), sont à peu près les mêmes qu'à la Madrilena.

Les prix de vente sont aussi identiques. Ces deux mines appartiennent du reste au même exploitant. La direction des couches est H. 11, la plongée à l'Ouest dans les environs de 25°. Un échantillon prélevé, a donné à l'essai les chiffres suivants :

Cendres	0.045	} 1.00
Carbone fixe	0.475	
Matières volatiles	0.480	
Soufre	0.0023	
Pouvoir calorifique rapporté au carbone pur	0.658	
» » » au charbon de Fuveau	0.966	
» » des matières volatiles rapportées au carbone pur	0.183	
Pouvoir des matières volatiles rapportées à celles du charbon de Fuveau	0.810	
Cendres rouges. Coke pulvérulent.		

On voit à la bouche de la galerie sous un hangar, un stock assez important de gros blocs de charbon pesant plus de 50 kilos. Comme dureté ce serait peut-être un peu supérieur à la mine d'Escucha, et très-bon, en somme.

Non loin du gîte précédent, la mine de Deseada, exploite les mêmes couches, mais au moyen d'un puits; c'est le seul point de toute la contrée où l'on entrevoit quelque chose qui ressemble à des travaux d'art; le petit puits de la Deseada avec ses 35 mètres de profondeur, avec son treuil, avec ses petites bennes d'extraction, son tablier roulant pour recevoir les produits de l'extraction, le tout recouvert d'un hangar destiné à abriter hommes et produits extraits, avec ses 8 ou 9 ouvriers dont le nombre est quelquefois porté jusqu'à 14 ou 15, avec son maître mineur (ce n'est plus un chef-ouvrier) représente le progrès dans le bassin d'Utrillas. . . . Et il en recueille les bénéfices. On raconte, en effet, dans le pays, que du charbon extrait de ce puits est allé jusqu'à Carinena, dans le district de Darroca, à 75 kilomètres en ligne droite d'Utrillas, ce qui en fait facilement 120 ou même d'avantage dans un pays aussi accidenté.

Travaux de la
Deseada.

L'essai du charbon de la Deseada a donné les résultats suivants :

Cendres	0.040	} 1.00
Carbone fixe	0.500	
Matières volatiles	0.460	
Soufre	0.0095	
Pouvoir calorifique rapporté au carbone fixe	0.696	
» » » au charbon de Fuveau	1.002	
» des matières volatiles rapportées au carbone fixe	0.196	
» » » » à celles du charbon de Fuveau	0.871	

Cendres gris clair. Coke pulvérulent.

Le charbon de la Deseada est comparable, comme dureté, au précédent.

En descendant toujours vers Utrillas, on pénètre de plus en plus dans le système B, et nulle part il n'offre une plus grande épaisseur et une plus parfaite régularité dans le détail : sur le flanc ouest d'une colline qui longe la Pessadilla, on voit affleurer tous les bancs et des couches charbonneuses s'y rencontrent encore. Une entr'autre est très-remarquable, c'est une couche de charbon de 3 mètres d'épaisseur qu'on a été attaquer en descenderie à 80 mètres environ au-dessus du chemin, alors que l'affleurement est coupé par ce même chemin, et se présentait de lui-même pour y pratiquer une ouverture rationnelle. C'est cette belle couche, dont le charbon m'a paru comme dureté se rapprocher le plus de ce que l'on connaît dans les Bouches-du-Rhône. Les clivages y sont moins faciles que dans tous les précé-

Couches
de trois mètres.

dents, la cassure plus conchoïde, l'éclat plus cireux, on a là réellement affaire à un excellent combustible; l'essai a donné les résultats consignés ci-dessous :

Cendres	0.02	} 1.00
Carbone fixe	0.53	
Matières volatiles	0.45	
Soufre	0.0061	
Pouvoir calorifique rapporté au carbone pur	0.71	
» » au charbon de Fuveau	1.04	
» des matières volatiles rapportées au carbone pur	0.18	
» » » » à celles du charbon de Fuveau	0.80	
Cendres gris clair. Coke légèrement agglutiné.		

Au point α les bancs sont presque verticaux et à quelque distance au sud, ils le sont tout-à-fait.

Au sommet même du Cabezo de las Serras, on voit un gros banc de grès blanc parfaitement vertical; à mesure qu'on s'éloigne de ce sommet, soit vers le nord, soit vers le sud, on voit les couches se rapprocher de plus en plus de l'horizontale; les strates de grès et de sables qu'on aperçoit au sud, vont manifestement s'enfoncer sous San Just et l'ermitage de San Cristobal, et celles du nord formées de grès jaunes calcaires (Etage B) *fig. 5*, semblent aller passer sous le village, ce qui est une illusion dont on se rend compte en les voyant butter contre le calcaire compact qui supporte Utrillas. Cette stratification, qui rappelle exactement ce qu'on voit dans le bassin de Manosque, quand on se rend de cette dernière ville à Dauphin par la Mort d'Imbert, est l'indice d'un fait stratigraphique très-remarquable dont les preuves se trouvent dans les coupes précédentes numéros 4, 5 et 6, dans la présence incontestable du terrain de calcaire ancien A, aux Cabezos de los Peregrinos et del Moral, et enfin dans une coupe faite dans le ravin de Zafranal, que j'emprunte à un travail intitulé : *Memoria sobre los depositos carboniferos de Utrillas y Gargallo. D. Lucas de Aldana. (Madrid 1862).*

Bien que ce travail ne décrive nullement les gîtes et se tienne dans des généralités, c'est ce que l'on peut lire de plus sérieux au point de vue spécial minier dans ce qui a été publié sur ces travaux.

La coupe du ravin de Zafranal n'est l'objet d'aucune description dans le texte précité et a été faite sans idée préconçue. (*Fig. 6.*)

Elle montre au point α , le même phénomène que je viens de signaler du Cabezo de las Serras, mais on voit ici que le phénomène de sou-

lèvement est bien moins accusé que dans le ravin de la Pessadilla. La raison en saute aux yeux : C'est qu'on est plus loin des calcaires anciens qui ont surgi au milieu du bassin.

Il est impossible de ne pas être frappé de l'analogie qui existe entre la coupe de Zafranál et celle que j'ai donnée du ravin d'Escucha (n° 4), l'une et l'autre font voir sur l'axe du soulèvement l'emplacement souterrain du piton allongé, qui n'a pu se faire jour en ces points et qui, au centre du bassin, a constitué le Cabezo de los Peregrinos.

La coupe n° 5, à l'ouest d'Escucha, répond à celle du ravin de la Pessadilla n° 6. Le phénomène signalé y est plus sensible qu'à Escucha. En ce point cependant les couches n'ont été que repliées et ont fait voûte, au lieu d'être verticalement redressées.

Couches
du Barranco de la
Mena.

Je termine cette description en disant ce que montre le Barranco de la Mena, qui termine vers l'ouest le bassin d'Utrillas.

En le remontant, on reconnaît divers affleurements, dont quelques-uns ont été plus ou moins activement fouillés, notamment la couche de Sainte-Isabelle (1^m. 1/2 d'épaisseur) et des couches de jayet qui recoupent toutes le ravin dans la direction H. 11, et plongeant légèrement à l'est, pour venir butter contre le terrain ancien servant d'assiette à Utrillas. On reconnaît au-dessous de la couche de Sainte-Isabelle, la belle mine de 3^m. d'épaisseur du Cabezo de Las Serras, mais ici très couchée au lieu de se rapprocher de la verticale, au-dessous et au-dessus de nombreux bancs de jayet qui ont été très activement exploités.

A 3 ou 4 kilomètres environ du village, toutes ces strates font un coude arrondi très prononcé pour passer à la direction H. 7 1/2 à 8 qu'elles ont dans le ravin de la Pessadilla ; on peut suivre le mouvement à la surface du sol entre les barrancos dont le terrain est découpé ; l'étage B repose sur les calcaires A. Les bancs, en traversant le barranco de la Mena, se continuent sur une certaine distance sur la rive gauche, mais le bassin est limité non loin de là par la formation ancienne A, qui constitue les hauteurs de la Muela séparant Utrillas de la vallée du Martin. (Fig. 7.)

Résumé.

Il convient maintenant de résumer comme je l'ai fait pour le bassin de Gargallo, les connaissances acquises jusqu'ici sur celui d'Utrillas, afin de relier entr'eux autant que possible tous les gîtes visités. Du ravin de la Mena jusqu'en s, je considère comme parfaitement établie la continuité des bancs passant par les gîtes v. t. et s., et se ralliant en y avec quelques-unes des couches qui affleurent dans

ce barranco. Les bancs vus à Escucha doivent aussi se rejoindre sans solution de continuité avec la bande précédente. Je n'oserais la prolonger jusqu'à Palomar, à la mine de Clemente ; la distance est trop considérable et près de Palomar on est trop près de l'endroit où se resserrent et semblent se terminer les étages B et C pour risquer l'affirmation de la continuité.

D'autre part, la mine de Sainte-Isabelle du ravin de la Mena, dans le mouvement de contournement que j'ai fait remarquer, tend à se mouler visiblement sur le cabezo de Los Peregrinos, et prend la direction du ravin Saucar ; j'ai dit que dans ce dernier l'on exploitait des mines ; j'ajoute que de la même source de renseignements, il ressort que les unes sont pyriteuses et très médiocres, les autres plus rapprochées du terrain ancien, plus dures et meilleures.

Cela joint à l'évidence du mouvement signalé, permet de conjecturer que ce sont les couches de Sainte-Isabelle et les couches supérieures de l'étage C, qui pénètrent dans le ravin Saucar et qui, suivant le côté nord du Cabezo de los Peregrinos, vont se relier aux mines de la Madrilena au-dessus du village d'Escucha.

CHAPITRE II.

§ 1^{er}. — Quantités à extraire.

Aperçus
sur le cubage
du charbon.

Il faut maintenant essayer de donner une idée de la quantité de charbon qui pourrait être fournie par les mines ci-dessus décrites. On remarquera avec quelle forme dubitative j'exprime cette pensée ; c'est qu'en effet, en principe, il n'y a rien de plus simple que de faire un cubage de charbon, il n'y a que trois facteurs à déterminer, mais la détermination de ces trois facteurs ne peut-être tentée avec quelque chance d'approximation réelle qu'après une étude détaillée qui exige beaucoup de temps.

Bassin
de Gargallo.

On peut cependant émettre quelques aperçus, et je commencerai par le bassin de Gargallo.

Une première chose à remarquer, c'est que, en beaucoup de points, les couches de charbon s'enfoncent sous les calcaires D ; on peut, dès

lors, se demander si sous ces calcaires, les couches sont à cuber utilement ; en un mot, si l'on pourrait aller les chercher par des puits qui ne devraient pas être trop profonds.

Répondre à une semblable question exigerait des cotes de hauteur nombreuses ; voici ce que je puis dire sur ce sujet :

D'après les indications d'un baromètre de poche, j'estime que l'altitude des villages de Gargallo, Canizar, Escucha et Utrillas, doit se tenir dans les environs de 1000 m. au-dessus du niveau de la mer. J'arrive, d'ailleurs, à ce chiffre par d'autres considérations inutiles, à développer ici, de sorte que je le crois fondé à 100 m. près.

D'autre part, la carte de la province de Teruel, par le colonel D. Francisco Coello, donne pour hauteur à la Loma de San Just y Pastor, 1,522 m ; cela concorde avec un chiffre dû à M. de Verneuil, qui par une observation barométrique, arrive à fixer cette hauteur à 1507 m. Les hauteurs du bassin de Gargallo sont plutôt inférieures que supérieures à cette chaîne, et j'estime en somme qu'entre les affleurements et le niveau général des plateaux calcaires sous lesquels les couches s'enfoncent dans le bassin précité, il peut y avoir 400 m. de différence de niveau.

Cela posé, et en tenant compte du pendage des couches de charbon, on comprend sans qu'il soit besoin d'insister que les travaux qui seraient nécessaires pour atteindre dans leur plus grande profondeur les couches au-dessous des calcaires supérieurs qui les recouvrent, pourraient être très profonds et même pratiquement impossibles, c'est pourquoi je considère l'évaluation de la quantité réelle de charbon existant dans le bassin dont je m'occupe, comme ne répondant à rien de bien utile et pourquoi je me poserai la question d'une manière un peu différente et plus intéressante.

J'admets comme un fait certain que, partout où les affleurements ont été constatés, on pourrait pratiquement atteindre le charbon à 1 kilomètre en profondeur, compté suivant l'inclinaison des couches, ce qui est certainement très modéré.

Je porte à 6,000 m. le développement certain des affleurements de Canizar à Estercuel ; j'estime pour autant l'ensemble de ceux des ravins de Carrascal, de Serrano et de Cerro Thomas, avec ceux de los Tajos ; j'admets une épaisseur utile moyenne de 3 m., ce qui paraît très modéré, vu les épaisseurs et le nombre de couches dans toute la bande d'Estercuel, et je trouve ainsi un cube de 36,000,000 m³, correspondant à 50,000,000 T. (densité 1.4.) Pour tenir compte des accidents de toute espèce qui interrompent les couches, des affleurements, des piliers laissés, etc., je fais une déduction de 50 p. % et je

pose avec sécurité le chiffre de 25,000,000 tonnes, comme susceptibles d'être enlevées dans les conditions que j'ai indiquées.

Il importe d'observer que je n'ai tenu aucun compte dans cette évaluation des 6 kilomètres d'affleurement qui s'étendent, de l'aveu de tout le monde, d'Estercuel, au ravin de l'Agua. Je ne parle que de ce que j'ai vu.

Val d'Ariño.

Je ne m'arrêterai pas au charbon à enlever dans le val d'Ariño, que j'ai à peine entrevu ; le peu que j'en ai embrassé des yeux four nirait bien un demi-million de tonnes, mais je le répète, je n'en ai peut-être pas vu la vingtième partie.

Le charbon, du reste, est, comme l'analyse que j'ai donnée plus haut le montre, médiocre, impur, et je ne m'en occuperai plus dans le cours de ce travail.

Passons au bassin d'Utrillas.

Bassin d'Utrillas.

Dans cette région, il est convenable de considérer à part d'abord, la partie qui se trouve à l'Ouest du ravin de la Pessadilla, puis le reste du bassin jusqu'à Escucha et au delà.

Pour l'une comme pour l'autre d'ailleurs, je simplifierai le cubage du charbon disponible par la considération suivante :

L'un des traits qui différencient le bassin d'Utrillas de celui de Gargallo, c'est que dans ce dernier, on trouve au milieu de la formation lignitifère, des roches tantôt plus anciennes, tantôt plus modernes ; l'espace occupé par ces dernières, ne pourrait pas, cela a été dit, être compté tout entier comme utile ; dans la région d'Escucha et Utrillas, au contraire, sauf une exception, le pointement de los Peregrinos, on peut dire que toute la région comprise entre le Rio de la Mena à l'ouest, le méridien magnétique X Y à l'est, les chaînes des montagnes de la Muela et de San-Just y Pastor, est du terrain lignitifère ; sans doute il n'en résulte pas *a priori*, qu'en un point quelconque de cet espace, en perçant un puits, on doive trouver le charbon, mais en réalité, il en est presque ainsi ; d'abord sauf un petit espace dans la partie à l'ouest de la Pessadilla, c'est un fait dû à la concentration des couches dans cette région où le bassin va en se rétrécissant ; en second lieu, dans le territoire d'Escucha, où les couches sont très-plates, leurs affleurements occupent, on l'a vu, à peu près l'axe du bassin, elles doivent donc sauf les parties ravinées, s'étendre de part et d'autre du côté du nord, jusqu'au pied de la Cordillère de la Muela, du côté sud jusqu'aux escarpements de la Loma de San-Just. sous lesquels elles s'enfoncent.

Négligeons *a priori*, toute la partie recouverte par le calcaire D, et ne considérons que le bassin orographique d'Utrillas et Escucha.

Évaluons d'abord la surface de la partie à l'ouest de la Pessadilla. Je la trouve égale à 9,750,000^{m²}. L'épaisseur utile dans cette région est au moins 6^m, ce qui donne un volume de 58,500,000^{m³}, ou en tonnes 76,000,000 (densité 1.31). Pour tenir compte des barrancos, des dénudations, qui nécessairement ont dû être considérables sur une formation peu solide, des stériles, des affleurements pourris etc., je prends seulement 50 pour cent de cette quantité et j'évalue la masse de charbon à prendre dans cette première partie du bassin d'Utrillas à 38,000,000 T.

La seconde partie du bassin a une superficie de 15,750,000^{m²}, l'épaisseur utile est pour le moins de 2^m 00. C'est un total de 31,500,000^{m³} ou de 40,950,000 T. Pour tenir compte de l'ilot ancien d'abord, et ensuite de toutes les causes de diminution énumérées plus haut, je ne prends que les 40 pour cent de ce chiffre et j'arrive à évaluer à 16,380,000 T, la quantité à prendre à l'est du bassin d'Utrillas. On aurait ainsi un total de 54,380,000 T, à extraire de tout ce bassin.

Dans cette évaluation, il n'a pas été tenu compte de tout ce qui existe entre le village de Palomar, et le méridien magnétique X. Y. Je n'ai compté pour rien non plus les concessions qui existent dans le Val de Cabra, que je n'ai point vues, mais dont l'existence est certaine et dont j'ai dit un mot avant d'aborder la description du bassin d'Utrillas.

Tout ce qui précède, relativement aux quantités à extraire, se résume d'une part avec les réserves que j'ai faites sur la marge possible à l'erreur que les circonstances m'ont imposée, et d'autre part, en ne perdant pas de vue que j'ai été très large pour les réductions et aussi que des régions où le charbon existe positivement ont été écartées, comme n'ayant pas été parcourues, tout cela se résume dis-je, dans les chiffres suivants :

Résumé.

Gargallo	23.000.000 T.
Utrillas	54.000.000
Total	<u>77.000.000 T.</u>

Il y a loin, comme on le voit, de ces chiffres déjà magnifiques aux 215,000,000 T, indiqués par M. Lucas de Aldana, dans le mémoire précité. La raison de cet écart peut se trouver à la fois dans des évaluations plus prudentes et dans ces faits que certaines régions

écartées de mes calculs, ont pu, peut être, entrer dans les calculs de M. de Aldana.

§ 2. — Nature et qualités.

Traitons maintenant la question de qualité, qui est d'un intérêt majeur, comme on va le voir.

Nature
des charbons
examinés.

Les opinions les plus divergentes ont été émises sur la nature et la qualité des charbons d'Utrillas, et de Gargallo. Les géologues espagnols en ont tous, sauf D. Lucas de Aldana, fait de la houille, et à ce propos, on rappelait que le terrain houiller n'est pas le séjour exclusif des dépôts houillers. On citait des analyses, une analyse devrais-je dire plutôt, et l'on partait de là pour assimiler les charbons de Teruel aux combustibles anglais. Quelle part faut-il faire à l'enthousiasme, quelle à la non authenticité des échantillons examinés dans les erreurs publiées à ce sujet ? C'est ce qui n'a que peu d'intérêt.

Le tableau suivant reproduit le résultat de mes essais.

DÉSIGNATION DES CHARBONS.	BASSIN.	CENDRES.	CARBONE FIXE.	MATIÈRES VOLATILES	SOUFRE.	POUVOIR calorique.	P. C. des matières volatiles.	POUV. CAL. rapporté au Fuveau.	OBSERVATIONS.
Los Tajos (La Paz).....	Gargallo.	0.020	0.460	0.520	0.012	0.612	0.152	0.90	Aucun de ces charbons ne donne de coke. La densité du charbon de Gargallo est d'environ.. 1,40 d° d° d'Utrillas d° .. 1,30
PELEGRINA.....	d°	0.070	0.450	0.480	0.010	0.589	0.139	0.86	
LA ROSA.....	d°	0.100	0.360	0.540	0.019	0.576	0.216	0.85	
B. DE LA SERRANA.....	d°	0.070	0.410	0.520	0.012	0.555	0.145	0.815	
ESTRELLA.....	d°	0.130	0.400	0.470	0.017	0.545	0.145	0.800	
LA LUCIANA.....	d°	0.140	0.400	0.460	0.030	0.520	0.120	0.760	
Moyenne du bassin de Gargallo (1)		0.09	0.413	0.498	0.017	0.566	0.153	0.831	
Bassin d'Ariño.....		0.14	0.360	0.500	0.053	0.485	0.125	0.712	
CLEMENTE.....	Utrillas.	0.020	0.510	0.470	0.002	0.689	0.179	1.01	
MADRILENA (couche infér.) d° » supér.)	d°	0.030	0.490	0.480	0.007	0.664	0.174	0.975	
COUCHE DU COL.....	d°	0.030	0.530	0.440	0.006	0.672	0.142	0.987	
DESEADA.....	d°	0.045	0.475	0.480	0.002	0.653	0.183	0.966	
C. de 3 MÈTRES.....	d°	0.040	0.500	0.460	0.009	0.696	0.196	1.020	
Moyenne du bassin d'Utrillas...		0.020	0.530	0.450	0.006	0.710	0.180	1.040	
Moyenne du bassin d'Utrillas...		0.031	0.506	0.463	0.005	0.681	0.176	1.000	

(1) Il est curieux de mettre en regard du résultat moyen donné par les analyses du charbon de Gargallo, une analyse du charbon de Mondragon (Vaucluse) qui en est, comme je l'ai dit, tout-à-fait contemporain.

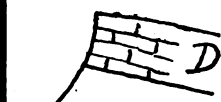
	C. fixe.	Mat. volatiles.	Pouv. calorifique.
GARGALLO (moyenne).....	0.09	0.41	0.566
MONDRAGON.....	0.15	0.36	0.566

C'est d'une grande analogie.

Ce tableau est suffisamment conforme à celui que j'extrais de l'ouvrage de M. Lucas de Aldana déjà cité, que je dispose seulement de manière à le rendre comparable au précédent.

DÉSIGNATION	BASSINS	CENDRES	CARBONE FIXE	MATIÈRES VOLATILES	POUVOIR CALORIFIQUE	P. C. DES MATIÈRES VOLATILES	OBSERVATIONS
VISTA ALEGRE.....	Utrillas	0.057	0.477	0.465	0.640	0.163	
SERRANA.....	d°	0.035	0.445	0.520	0.640	0.195	
ARAGONESA.....	d°	0.030	0.450	0.520	0.620	0.170	
DIANA.....	d°	0.030	0.455	0.515	0.650	0.195	
ATALAYA.....	d°	0.120	0.432	0.447	0.580	0.148	
LUZBEL.....	d°	0.090	0.442	0.467	0.570	0.128	
ALEGRIA.....	d°	0.070	0.460	0.470	0.620	0.160	
Moyenne pour Utrillas....	. . .	0.062	0.452	0.486	0.620	0.166	
CANIZAR.....	Gargallo	0.100	0.425	0.475	0.540	0.125	
ESTERCUEL.....	d°	0.110	0.440	0.450	0.600	0.160	
LOS TAJOS.....	d°	0.035	0.485	0.480	0.610	0.125	
CONFLUENCIA de los ARROYOS	d°	0.112	0.355	0.533	0.590	0.135	
ESTERCUEL ET GARGALLO..	d°	0.107	0.355	0.537	0.590	0.135	
Moyenne pour Gargallo...	. . .	0.093	0.412	0.494	0.586	0.136	

Les différences entre les bassins d'Utrillas et de Gargallo sont moins accusées dans le tableau ci-dessus que dans le tableau précédent, mais elles restent dans le même sens. Rappelons, avec M. Aldana, que ni l'un ni l'autre de ces bassins ne fournissent de charbon à coke, au moins s'agissant des couches que j'ai pu examiner. Le contraire ne serait pas impossible à coup sur ; on connaît les remarquables lignites gras des Basses-Alpes. Mais en fait ni Gargallo ni Utrillas, n'ont paru fournir de couches de charbon gras. Une erreur sur ce point pourrait du reste trouver son explication dans le fait suivant : on exploite, dans Utrillas, de petites couches de Jayet. L'essai d'un bel échantillon de ce combustible m'a donné :



C



Cendres.....	0.140	} 1.10
Carbone fixe	0.280	
Matières volatiles.....	0.580	
Soufre.....	0.021	
Pouvoir calorifique	0.613	
— — des matières volatiles...	0.333	
Coke léger, brillant, très boursoufflé.		

Or, il ne serait pas impossible que quelque nerf ou petite couche de jayet, venant à se mêler dans une couche de charbon, ne lui communiquât ses propriétés agglutinantes, mais ce serait un cas tout spécial, si même il se présente et l'on peut redire avec M. Aldana, en parlant du charbon des deux bassins : « Ni unos
« ni otros carbones dan coke de buena calidad ; algunas muestras de
« Utrillas, lo producen imperfeto, y bien pudiera alguna capa de
« este punto producir le de mejores condiciones, mas adelante,
« porque hay algunos lignitos que se prestan à esta fabricacion, pero
« hasta ahora no puede administirse este caracter en los carbones de
« Utrillas, sino como accidental. »

Les charbons de Gargallo, sont tous extrêmement friables ; il n'y a qu'une probabilité très faible, pour qu'ils deviennent transportables autrement qu'en menus pour des trajets un peu longs, à supposer qu'on puisse faire du gros à la mine. Actuellement on peut leur refuser absolument cette propriété.

Les charbons
de Gargallo sont
intransportables.

Ceux d'Utrillas sont sensiblement plus durs ; on fait dans les mines ouvertes de très bon charbon et dans une bonne proportion. Tout cela est cependant moins dur, moins tenace que le bon Fuveau, mais, au moins pour quelques unes des mines, on pourrait espérer que la différence ne serait pas très grande et cela, joint à la qualité bien supérieure à celle des combustibles de Gargallo, montre que l'avenir de la province de Teruel, au point de vue de l'exploitation ultérieure des combustibles pour l'exploration, si tant est qu'on y arrive, est à Utrillas et non à Gargallo.

Les charbons
d'Utrillas, sont
plus ou moins durs.

Une autre cause milite en faveur de la première de ces deux localités ; c'est la facilité d'y établir des travaux de mines plus solides et probablement moins aquifères que dans le bassin de Gargallo. Les bancs de calcaires jaunâtres ou de grès plus ou moins compactes (étage B) que renferment les couches, sont certainement moins per-

Les travaux
seront plus faciles à
Utrillas qu'à
Gargallo, en général.

méables, quoiqu'ils doivent l'être encore beaucoup, que les couches sableuses formant la majeure partie des strates de l'étage C.

Avec les moyens de transport actuels, il est évident que les charbons des bassins étudiés plus haut ne peuvent atteindre le littoral qui doit être l'objectif à se proposer, si l'on abordait leur mise en exploitation sérieuse. Je ne m'arrête pas en effet à la possibilité, réelle pourtant, de fonder des établissements industriels dans la contrée. Les sables blancs sont un élément de verreries, les calcaires hydrauliques se rencontrent aussi tout près des mines de charbon, l'alun trouve également un de ses éléments dans les lignites pyriteux si répandus; mais est-ce pour édifier des industries de cette nature qu'on transporterait en Espagne des capitaux, un personnel, une maison sérieuse en un mot; je ne le pense pas. Que cela vienne s'adjoindre comme auxiliaire très utile à une grande exploitation de charbon: rien de mieux, mais qu'on prenne des établissements de cette nature pour but principal: je ne crois pas qu'on en nourrisse la pensée. Il faut laisser cela aux indigènes.

Moyens de transport
à créer.

Examinons donc les moyens de transport pour faire sortir les lignites d'Utrillas de leurs montagnes et les amener de l'altitude de 1,000 mètres à l'altitude 0.

Comme on se propose de rejoindre les lignes du littoral, il semble au premier abord que le plus rationnel serait d'y couper tout droit, en traversant les derniers contreforts de la Sierra d'Albarracin, mais il faut remarquer que certains chemins de fer sont déjà concédés, ou proposés comme concessions par le gouvernement avec des subventions éventuelles et qu'il serait avantageux de profiter de cette situation. Au nombre de ces dernières, est le chemin de fer de Val de Zafan à Reus et à Tarragone d'une part, quant à celui de Val de Zafan aux bassins carbonifères de Gargallo et d'Utrillas, il est concédé au principal propriétaire des mines du bassin de Gargallo. On a donc là une situation un peu commandée; ajoutons que la ligne qui, partant des mines, descendrait à Val de Zafan, et ensuite à Caspe, serait beaucoup plus commode et économique à construire et à exploiter que la ligne directe des mines à Tortose; qu'elle toucherait à un port d'une certaine importance, où commence réellement l'Ebre navigable aux bateaux qui remontent de Tortose; qu'enfin, en se reliant à Val de Zafan à la ligne de Saragosse, qui doit être ouverte au 31 décembre 1872, elle permettrait de lancer dans l'intérieur une quantité plus ou moins grande de charbon, et pour toutes ces raisons, on comprendra que pour le premier tronçon, il ne semble pas

qu'il y ait d'hésitation possible ; C'est à Caspe qu'il doit aboutir. Il aurait environ 90 kilomètres.

De Caspe pour aller à Barcelone, trois moyens ; je les énumère ci-dessous :

Trois moyens
pour arriver à
Barcelone.

1° Chemin de fer de Caspe à Tarragone (à construire, subventionné)	100 K ^m ^{tres} .
De Tarragone à Barcelone, chemin construit	100
avec le chemin d'Utrillas à Caspe	90

Total à parcourir.. 290 K^m^{tres}.

Total à construire . 190 K^m^{tres}.

2° L'Ebre de Caspe à San-Carlos de la Rapita, par bateau	230
De San-Carlos à Barcelone, par mer	160

Total à parcourir. 390 K^m^{tres}.

Auquel il faut ajouter à construire et à parcourir en chemin de fer	90
---	----

3° De Caspe à Tortose, par eau.....	200 k ^{tres} .
De Tortose à Barcelone, par chemin de fer fait.....	183
Avec le chemin d'Utrillas à Caspe, à faire.....	90

Total à parcourir par chemin de fer..... 273 k^{tres}.

— par eau..... 200

— à construire..... 90 k^{tres}.

J'élimine de suite le troisième moyen qui, obligeant à des transbordements, n'est guère acceptable, surtout pour un combustible médiocrement solide, et il reste à comparer les deux premiers moyens.

Je penche pour le second, mais cela demande évidemment à être étudié de plus près.

Il semble difficile d'éviter un transbordement à Caspe si l'on prend l'Ebre. Peut-être, cependant, pourrait-on combiner un système pour y échapper.

Il faudrait arriver maintenant à la question qui, au point de vue industriel et commercial, domine tout. Quel serait le prix de revient du charbon sur le littoral, principalement à Barcelone ?

Il n'est pas possible d'y répondre d'une manière précise. Il faudrait connaître pour cela les tarifs des chemins de fer espagnols et ceux de

Prix de revient à
Barcelone.

la navigation de l'Ebre. Ce qu'on peut dire, je crois, c'est que 90 kilomètres de transport de chemin de fer, plus 390 kilomètres par eau ne doivent pas grever la marchandise de 25 francs ; que 280 kilomètres de transport par chemin de fer ne doivent pas revenir à plus de 30 centimes, dans le cas où l'on choisirait l'autre système de transport, ces prix seraient même sans aucune vraisemblance en France, mais il ne faut pas oublier que nous sommes en Espagne, où les entreprises de transport, pour être tant soit peu rémunératrices, doivent avoir des tarifs plus élevés que les tarifs français.

Or, en raison du bas prix de la main d'œuvre, qui certainement augmenterait, mais qui mettrait probablement un certain temps à s'équilibrer avec les prix ordinaires ; en raison des circonstances favorables qu'offrent un certain nombre de couches comme extraction, admettre le prix de 5 francs la tonne d'extraction, ce n'est pas s'illusionner. Nous arrivons ainsi, *grosso modo*, à des prix de 30 à 35 francs tout compris, pour le charbon rendu à Barcelone.

Le charbon d'Utrillas
pourrait se vendre
en concurrence avec
la houille anglaise
à Barcelone.

A ce prix, il paraît bien probable, qu'avec un bénéfice légitime en sus, le charbon d'Utrillas, pour tous les usages où la houille anglaise n'est pas essentielle, en raison de ses qualités spéciales, dans tous les cas, en un mot, où l'on peut remplacer la qualité par la quantité, le charbon indigène pourrait concurrencer avec avantage le combustible anglais. Celui-ci valait au mois de mai 1872, 50 fr. la tonne, y compris 5 fr. de droit de douane.

Déjà du combustible
indigène se vend
à Barcelone.

Or, à ce prix, déjà certaine mine mieux située que le bassin d'Utrillas, se fait jour sur le marché de Barcelone. La mine de la Granja est exploitée non loin du Rio Segre et de Mequinenza, et ses produits sont conduits à l'Ebre, par un petit chemin de fer de mine de 5 kilomètres de longueur et un petit vapeur qui les mène à Barcelone. Si l'on en croit l'exploitant, le charbon de Mequinenza, procure 40 p. % d'économie, se vend 4 réaux 1/2 le quintal (41 k⁵⁰), soit 29 à 30 francs la tonne. 30 k⁵⁰ de Mequinenza équivaut à 25 k⁵⁰ de Cardiff. La quantité vendue serait, tant à Barcelone qu'ailleurs, de 120 tonnes par jour.

Il faudrait évidemment en rabattre, et de beaucoup, sur les chiffres enthousiastes d'un marchand vantant sa marchandise, mais, ce qu'il y a de positif, c'est qu'il se vend de ce charbon à Barcelone, qu'il s'y trouve un entrepôt, et que dans cet entrepôt même j'ai recueilli un échantillon qui, en dehors de sa dureté et de sa compacité très réelle (qualités essentielles au transport lointain) n'offre aucune supériorité

sur le charbon d'Utrillas, bien au contraire, comme on en pourra juger par l'analyse ci-dessous :

Cendres	0.12	} 1.00
Carbone fixe	0.38	
Matières volatiles	0.50	
Pouvoir calorifique	0.559	
Soufre.....	0.026	
Cendres gris clair. Coke légèrement agglutiné.		

A mon avis, ce petit fait a une signification réelle et prouve que le marché de Barcelone n'est pas pour toujours livré à la houille anglaise.

Mais tout n'est pas dit sur le point examiné. Pour être assuré d'avoir un débouché sérieux à Barcelone, il faut établir que non-seulement le prix du charbon d'Utrillas y sera inférieur à celui de la houille, mais il est nécessaire aussi de montrer : 1° que le marché est suffisamment important pour offrir en perspective des quantités assez grandes de combustibles à écouler, et 2° que d'autres bassins carbonifères ne viendront pas, à un moment donné, chasser non-seulement la houille anglaise, mais encore le charbon indigène qui l'aurait remplacé.

Le charbon d'Utrillas
n'aurait-il pas
à subir
d'autres concurrence?
Aurait-il un marché
suffisamment
développé?

Examinons successivement chacune de ces deux questions.

La concurrence s'exécute-t-elle sur un marché suffisamment important? Premier point sur lequel, sans avoir des données précises, on peut s'édifier plus ou moins. D'après M. Lucas de Aldana, l'importation de houille anglaise en Espagne aurait été, en 1858, de 403,350 tonnes et celle de houille française de 5,520 tonnes seulement qui se serait montée à 10,200 tonnes l'année suivante (1859). Des renseignements venant d'autre part, donnent comme introduction totale en Espagne les quantités suivantes :

1862	325,000 tonnes.
1863	385,000 »
1864	334,000 »
1865	314,000 »

J'ai, d'un consignataire de houille anglaise, recueilli ce renseignement, qu'il entrerait dans le port plus de 400,000 tonnes de houille anglaise par an. Le directeur d'une des usines à gaz de la ville, estime qu'on consomme, rien que dans la ville et ses environs 500

tonnes de houille par jour ; enfin, M. le directeur des Douanes espagnoles a eu l'obligeance de m'adresser le tableau suivant :

« Note du charbon de pierre importé par le port de Barcelone ,
« pendant l'année économique 1870-1871 :

« Juillet	1870	18,418,752 kilos.
« Août	»	15,797,580
« Septembre	»	10,266,988
« Octobre	»	3,289,118
« Novembre	»	330,500
« Décembre	»	9,180,937
« Janvier	1871	4,896,512
« Février	»	6,693,851
« Mars	»	22,637,381
« Avril	»	15,232,323
« Mai	»	40,253,822
« Juin	»	18,386,051
« Total		135,386,915 kilos. »

Attachons-nous à ce dernier chiffre qui offre un caractère d'authenticité dont sont dépourvus les autres. Les navires anglais qui apportent la houille sont des bateaux à voiles et le tonnage net, sur lequel ils paient les droits divers de navigation est, comme on le sait inférieur de 50 p. % environ au gros tonnage, chiffre qui donne à peu près la capacité réelle et le transport possible d'un navire ; il suit de là, que même en supposant qu'il n'y ait pas de fraude, ce qui est improbable, pour les douanes espagnoles surtout, le port de Barcelone recevrait dans les environs de 200,000 tonnes de houille anglaise par année.

Tel serait donc le marché de Barcelone. Si nous le doublons j'estime que nous aurons le chiffre correspondant à tout le littoral. Voyons maintenant si Utrillas seul serait appelé à en prendre sa part, et reportons-nous pour cela à ce que j'ai dit tout au début de ce travail. Parmi les gites que j'ai cités, le bassin de San Juan Las Abadesas, doit surtout attirer notre attention. Relié dans peu de temps par la station de Granollers, à tout le littoral, il ne sera qu'à 110 kilomètres de Barcelone, 210 kilomètres de Tarragone, 293 kilomètres de Tortose, 485 de Valence. On peut estimer dès lors que son prix de vente sera de 20 à 25 à Barcelone, 30 à 35 à Tarragone, 38 à 42 à Tortose, 55 à 60 à Valence. Ces chiffres sont significatifs, ils tendent à prouver que les charbons d'Utrillas auront peu de chance de se maintenir sur le

marché de Barcelone, dès que la houille de San Juan pourra y parvenir par voie ferrée.

Celle-ci rencontrerait le charbon d'Utrillas à Tarragone, ou un peu plus au Sud ; dans cette région, ils se feraient concurrence, puis tout le littoral à partir de Tortose, serait vraisemblablement alimenté par Utrillas.

Je ne puis guère estimer à moins de 100,000 T. l'extraction que représenterait l'alimentation de cette région en y joignant ce qui pourrait être expédié dans l'intérieur par Val de Zafan et Saragosse, et l'alimentation possible des machines locomotives des chemins de fer.

Telles sont donc les conclusions auxquelles on arrive sur ce point très-délicat des débouchés probables. Je ne les quitterai pas sans faire remarquer que des chiffres auxquels la discussion précédente vient de me conduire, sont, je l'ai déjà dit, plus ou moins approchés. Nul doute qu'en les puisant aux sources authentiques et en examinant la question à fond, ces chiffres ne puissent être un peu modifiés dans un sens ou dans l'autre ; dans tous les cas, la marche à suivre pour étudier ce point si important, les éventualités à envisager sont celles qui viennent d'être exposées, il n'y aurait qu'à y appliquer des chiffres rigoureusement exacts pour être définitivement fixé.

Pour terminer ce qui a rapport à l'industrie minière des localités dont je me suis occupé, je crois devoir dire un mot ici d'un produit qui s'y exploite sur une petite échelle au point de vue des quantités mais qui, vu son prix élevé, représente un chiffre d'affaires qui n'est pas nul. Je veux parler du Jayet. Deux propriétaires d'Utrillas monopolisent l'exploitation de cette pierre d'ornement que l'on extrait de petites couches parallèles aux bancs de charbon sur les territoires d'Escucha et d'Utrillas. Il y a environ 40 ouvriers, employés à l'extraction du Jayet ; l'extraction annuelle est de 150 tonnes, le prix de vente à la mine est de 18 à 20 fr. Le prix de transport des mines à Saragosse est de 6 fr. les 100 kilogrammes.

§ 3. — Résumé et conclusions.

On peut résumer ce qui précède en quelques lignes.

1° Le district de Montalban, dans la province de Teruel, contient des quantités très considérables de combustibles de qualités variables, dont une très grande partie est comparable aux bons lignites de Fuveau, et dont le reste, quoique inférieur, peut être mis en ligne avec divers lignites exploités sur différents points de la Provence ;

2° L'exploitation en serait probablement rendue difficile par l'abondance des eaux et la difficulté du soutènement des ouvrages ;

3° Ils ne sont point propres à la fabrication du coke ni du gaz d'éclairage ;

4° Ils pourraient, surtout les plus durs, qui sont en même temps les plus avantageux sous le rapport du pouvoir calorifique, servir à presque tous les autres usages industriels ;

5° Ils pourraient ainsi concurrencer les charbons anglais sur une partie du littoral compris entre Barcelone et Valence, ainsi que les autres charbons indigènes. Les voies ferrées construites ou à construire et non éloignées du centre de production pourraient aussi en consommer ;

6° Toutes les usines du côté de Saragosse, qui tend à devenir de plus en plus une ville industrielle, devraient s'alimenter de ces combustibles ;

7° Pour arriver à ces résultats, il y a à construire d'abord une voie ferrée entre les mines et l'Ebre, qui aura de 80 à 90 kilom. de longueur. Cette voie construite, avec le chemin de fer de Saragosse à Val de Zafan et à Samper, qui ne peut tarder à être livré, s'il ne l'est déjà, permettrait déjà de livrer le charbon dans l'intérieur et de conquérir là un petit marché susceptible de développement.

Il y aurait ensuite à organiser sur l'Ebre un service de transport pour descendre jusqu'au littoral méditerranéen, vrai marché de consommation.

J'ajouterai en terminant, non plus comme résumé de la notice qui précède, mais comme deux vérités qui s'imposent.

En premier lieu, que vu l'exiguité des concessions de mines espagnoles, avant qu'une société quelconque se mit en devoir d'exécuter des travaux importants dans les régions d'Utrillas ou de Gargallo, il serait de toute nécessité qu'elle possédât, par achat de concessions ou autrement, une étendue de territoire concédé considérable, afin d'être maîtresse de la situation ;

Et en second lieu, que tant que la situation politique de l'Espagne sera ce qu'elle est en ce moment et depuis plusieurs années, il est prudent d'attendre, avant d'y aller fonder des établissements, que les enfants de ce malheureux pays ne se déchirent plus de leurs propres mains. Le littoral jouit, dit-on, d'une sécurité relative, mais quant à l'intérieur, et particulièrement la province de Teruel, elle est dévastée par la guerre civile.



ssin d'Utrillas

Echelle $\frac{1}{50.000}$



Calcaires inférieurs



Terrain à lignite (ensemble B et C)



Calcaires supérieurs.

----- Affleurement d'un même paquet de couches.

= = = = = Affleurement possible.

POSE DES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES SOUS-MARINS

CONFÉRENCE

Faite par M. TERNANT, à propos de la pose du câble de Barcelone

Pendant la construction et la pose d'un câble télégraphique, des épreuves électriques permanentes sont faites du commencement à la fin de ces opérations et elles se continuent à bord, jusqu'après l'achèvement de la pose. De l'usine à bord, un circuit isolé continu est formé au moyen d'un fil de retour et la continuité de ce circuit se mesure au moyen d'une boussole, disposée elle-même en relais avec une pile et une sonnerie, qui indiquent immédiatement la rupture du conducteur lorsqu'elle se produit. Tout l'outillage de la section embarquée ou en construction peut alors être arrêté pour permettre de reconnaître et de localiser la faute. Afin de pouvoir mesurer du même coup l'isolement du fil, l'appareil servant à mesurer la continuité est posé en entier sur des isolateurs, et tout le système isolé reçoit un courant d'environ 200 éléments, qui indique la perte normale du diélectrique, à travers un galvanomètre sensible dont une constante, obtenue au préalable à travers un megohm ou million d'ohms, permet de comparer la déviation obtenue sur le câble isolé et de la ramener à une mesure définie. D'autres épreuves plus délicates se font aussi chaque jour, soit à l'usine, soit à bord.

Le câble est amené à bord, au moyen de locomobiles, et sur des poulies, placées le long d'un cordage tendu entre la rive et le navire.

Généralement les navires sont munis de cuves en tôle, disposées dans les cales. Ces cuves sont à fond plat et soigneusement calées sur le fond et les flancs du vaisseau. Les plaques du fond sont plus épaisses que celles des murailles, dont l'épaisseur diminue à mesure qu'elles s'élèvent. On les fait circulaires, avec un cône central creux, dont l'espace peut être utilisé. Le câble est d'abord lové, à partir du centre vers la circonférence, en une couche uniforme, la seconde couche revient commencer près du cône en abandonnant, de la circonférence au centre, un rayon dont la saillie est diminuée, autant que possible, lors de la formation de la seconde couche. On évite ainsi tout entanglement d'une couche par l'autre. Cet embrouillement est d'ailleurs entièrement évité par l'emploi de la *crinoline*. Cet appareil consiste en une série de cercles concentriques reliés entre eux par 10 à 12 rayons qui, en venant s'appliquer sur les couches du câble, arrimé convenablement dans les cuves, l'obligent à se diriger horizontalement vers le moyeu du réservoir, pour s'élever ensuite verticalement, par l'orifice de sortie, qui est formé d'un anneau, s'abaissant sur le cône central et forçant le câble à ne s'écouler autrement que dans une direction circulaire et de petit diamètre. On évite ainsi les effets de la force centrifuge et les boucles qui en résulteraient. Du cône et de l'anneau, le câble est dirigé, au moyen de larges tubes en fonte et cou-dés, au-dessus des rouffles jusqu'à la machine d'émission. Sur tout son parcours, le câble est contenu dans des augets en bois, recouverts de toile à voile humectée d'eau, pour empêcher la chaleur du soleil de ramollir la gutta-percha.

La friction que subit le câble, dans les augets, le maintient convenablement tendu, avant son entrée sur le frein, comme d'ailleurs un accident peut parfois se produire à bord, et qu'en effet le câble atlantique de 1865 s'était rompu à bord du *Great Eastern* entre les réservoirs et le frein, on avait ajouté, en 1866, les six roues de ce qu'on appelait le *Jockey gear* et qui n'était autre chose que des freins dont chaque roue permettait de resserrer le câble entre deux poulies à gorge de manière à le saisir et à l'arrêter à bord en cas de rupture.

Le câble passait dans la gorge de chacune de ces six grandes poulies, et au-dessus chevauchait une poulie de plus petit diamètre, maintenue à cheval sur le câble par un levier chargé d'un contrepoids. Les leviers de ces six petites poulies étaient terminés par une chaîne, dont l'autre extrémité était fixée à l'arbre commun, dont l'axe se terminait par une roue de commande située à son extrémité. Un ouvrier, obéissant au signal de l'ingénieur, pouvait ainsi enrouler d'un coup les six chaînes des leviers de poulies, serrer fortement, gorge contre gorge,

les deux poulies à travers lesquelles passait le câble et arrêter complètement son émission en temps utile.

Cet appareil, qui tient d'ailleurs beaucoup de place, n'existe pas à bord de la *Dacia*, qui a posé le câble de Barcelone. On l'a remplacé par des portions de tambours en fonte, posés horizontalement et en opposition de façon à faire festonner le câble sur un parcours d'environ 5 mètres. Ces tambours s'ajustent au moyen d'écrous, et permettent de faire subir au câble une friction retardatrice assez considérable. Toutefois cet appareil, imaginé par Sir Charles Bright, ne pourrait produire l'effet du *Jockey gear* décrit plus haut.

La machinerie d'émission, où passe le câble avant d'arriver à la poulie d'arrière, par laquelle il plonge à la mer, donne les moyens de maintenir constante la tension du fil et de régulariser son immersion, suivant les profondeurs, de façon à ne faire supporter au câble aucun effort supérieur à un certain coefficient au-delà duquel l'allongement pourrait devenir plus grand qu'il ne convient à la délicatesse de l'âme qu'il contient.

Ce coefficient est à peu près égal au poids de la longueur de câble qui rejoindrait, verticalement, la surface au fond, en pendant à l'arrière du navire. Ce poids devrait être, bien entendu, diminué d'une quantité égale au poids d'eau déplacé.

On peut démontrer, par de simples considérations, que dans l'émission uniforme, sans coulage, le mouvement absolu de chaque point du câble suit la direction de la bisectrice de l'angle formé par l'horizontale avec la ligne oblique descendante du câble ; par conséquent, dans l'émission uniforme, il doit toujours se produire un mouvement du câble, donnant lieu à une résistance de l'eau, que l'on peut résoudre en deux forces, l'une perpendiculaire au câble, et l'autre, qui lui est tangentielle ou dans sa direction, en un point quelconque.

La force perpendiculaire au câble, étant semblable à celle qui lui serait opposée, par un plan incliné ou par une surface courbe marchant en avant et se mouvant à la vitesse du navire, le câble serait donc supporté par ce plan ou cette surface convexe et glisserait, sans friction, le long de cette surface dans la direction de sa longueur.

La composante tangentielle s'ajoute de son côté à la tension des freins du bord pour s'opposer à la tendance qu'a le câble à glisser trop vite, sous l'effort de son poids, le long de ce plan incliné.

Il en résulte cette importante conclusion que, pour allonger le câble sans perte, sur le fond de la mer, l'effort qu'il faut appliquer

sur les freins pour empêcher son écoulement trop précipité, doit être seulement un peu inférieur au poids de la portion de câble, qui pendlait verticalement du navire au fond de l'eau.

On peut aussi démontrer, par un simple raisonnement, basé sur des suppositions admissibles et relatives à l'uniformité de la résistance de l'eau, à toutes les profondeurs, que si, dans l'émission uniforme, la résistance du frein est telle que le câble se dépose au fond de la mer en ligne droite, sans tension mais aussi sans perte, il descendra dans l'eau en une ligne droite inclinée. Si, au contraire, l'effort opposé à l'écoulement est plus grand qu'il n'est nécessaire pour empêcher la perte, le câble prendra dans l'eau la forme d'une ligne courbe, convexe en haut et concave en bas.

L'inclinaison de cette courbe avec la verticale, à son point d'inflexion sera exactement la même que celle de la ligne droite à laquelle le câble s'ajuste de lui-même lorsque la vitesse est constante et la résistance suffisante pour prévenir la perte.

Lorsqu'un câble, de la forme de ceux de l'Atlantique, devra traverser des fonds de deux milles nautiques, la résistance à appliquer à bord, pour éviter un trop grand écoulement, devra être à peu près égale au poids de deux milles de ce câble dans l'eau. Comme ce poids par mille est d'environ une tonne dans l'air, et 800 kilogrammes dans l'eau, l'effort à appliquer sur le frein à bord, par deux milles de fond, devra atteindre à peu près 1,600 kilogrammes.

La machinerie d'émission doit être construite en vue d'obtenir un grand degré d'exactitude dans l'application de l'effort nécessaire à l'émission de la quantité déterminée de câble que l'on veut poser.

Il est évident que l'effort retardateur, s'il contrebalance exactement le poids extérieur du câble, permettra de le poser tendu; toutefois on préfère écouler de 10 à 12 0/0 de câble en trop, plutôt que de lui faire subir l'effort nécessaire pour qu'il soit tendu. Le coulage est d'ailleurs fort utile au cas, toujours possible, où le câble devra être relevé pour en retrancher une faute, soit pendant, soit après les opérations de la pose.

Il est clair que l'on peut alléger l'effort du frein, en permettant l'écoulement d'un certain surplus de câble, puisque la résistance obtenue par la friction additionnelle qui en résultera, ajoutera son effet en diminuant l'effort à l'émission.

On obtient ainsi des résultats remarquables en poussant la vitesse du navire de façon à la rapprocher, le plus possible, de celle de l'écoulement du câble.

On voit, par ce qui précède, jusqu'à quel point il faut pousser la force de résistance des câbles lors de leur construction. Il convient que leur module de rupture dépasse de beaucoup l'effort maximum auquel ils sont en général soumis. On comprend, en effet, qu'il peut se produire, pendant la pose, des nécessités qui obligent à arrêter le navire et à le mettre en panne. Certaines opérations demandent aussi le transport du câble de l'arrière à l'avant du navire. Il y a, dans toutes ces causes, des chances additionnelles d'accident. En outre, il faut toujours avoir en vue, en construisant un câble, qu'il pourra, un jour ou l'autre, demander des réparations ou bien être renouvelé par parties. Il faut non-seulement prévoir la pose et la faciliter, mais encore songer à la durée et à l'entretien. Par conséquent, il convient de construire le câble suffisamment fort pour qu'il puisse se maintenir, pendant des années, dans des conditions de solidité qui permettent de l'accrocher avec le grappin, sans le rompre, et de le soulever et manipuler à bord sans trop de risques.

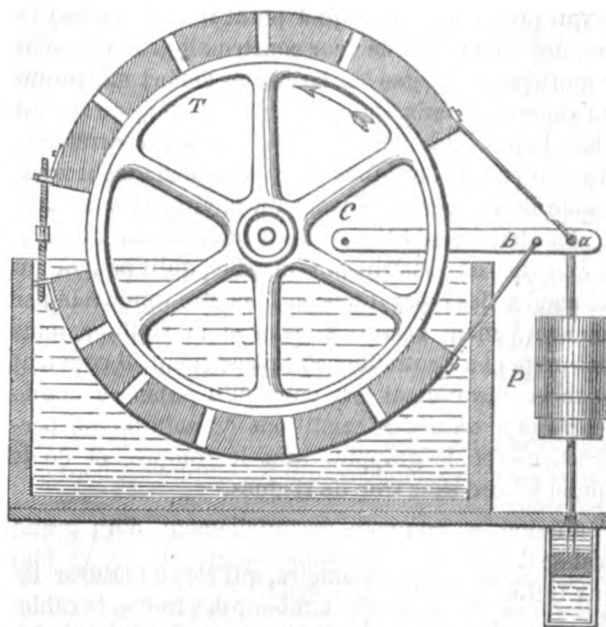
La machine d'émission se compose essentiellement d'un grand tambour, sur la caisse duquel le câble prend quatre tours, et dont l'axe porte les deux freins de friction d'Appold.

Au-dessus du point où le câble pénètre sur la caisse du tambour, un soc aigu pousse rapidement chaque tour de câble, à mesure qu'il se produit, et l'empêche de chevaucher sur le tour précédent.

Le poids du câble émis suffirait à faire tourner le tambour, lorsque le navire est en marche, mais il est parfois nécessaire de le faire évoluer lorsque le navire est au repos. La machinerie d'émission est donc pourvue de deux corps de pompe dont les pistons donnent le mouvement à toute la machine, au moyen d'engrenages. Le mouvement peut être renversé et permet de relever le câble par l'arrière, ce qui est un avantage, dans les eaux profondes, où il est dangereux et fort long de passer le câble à la machine de relèvement de l'avant, lorsqu'il s'agit de relever et de réparer une faute.

Des rouages, munis d'un compteur, sont mis en mouvement par l'axe de la machine et permettent de connaître, à chaque instant, la quantité de câble écoulé et la vitesse de l'émission, dont le rapport à celle du navire en marche est une des fonctions importantes du calcul de la tension. Un mécanisme assez simple muni d'un timbre, indique la fin de chaque unité de longueur (mille nautique ou kilomètre).

Les freins Appold, qui sont fixés sur la prolongation de l'axe du tambour, sont des roues lisses et un peu convexes, d'environ 1^m50 de rayon et 0^m25 de bande. Ces roues sont entourées de courroies d'acier,



garnies intérieurement de blocs en bois dur, fixés de distance en distance. Les extrémités des courroies du frein se terminent, à des distances différentes, sur un bras de levier situé dans le prolongement d'un rayon de la roue. L'appareil est complètement lubrifié en le

plongeant en entier dans une cuve d'eau. Lorsque les blocs ne sont pas suffisamment lubrifiés ou bien si la friction augmente, la bande de la roue du frein tend à entraîner les blocs avec elle.

Cette tendance a pour effet de faire fléchir le levier, dont la déflexion rapproche la distance qui sépare les points a et b , écarte les courroies et diminue le pouvoir du frein. Dans une certaine mesure cet appareil peut s'ajuster de lui-même. En effet, la différence qui existe entre cb et ca , sur la barre du levier, étant très-petite, en plaçant un poids P au point où le plus grand effort se produit, c'est-à-dire en a , le levier sera emporté par une force qui réagira sur la circonférence en proportion de l'effort exercé en P et de la différence des forces aux points a et b . Le rapport $\frac{ab}{ac}$ des longueurs de levier exprime cette résultante.

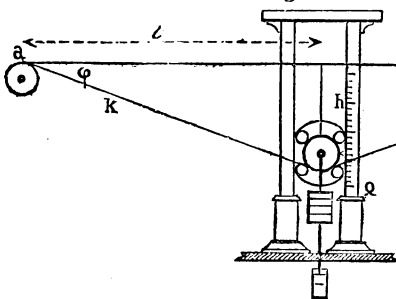
En supposant que le tambour tourne dans le sens indiqué par la flèche juste au moment où le poids P suffit à contrebalancer la friction du frein, si le coefficient de friction entre les surfaces vient à augmenter, par une cause quelconque, l'effort devenant plus grand sur a que sur b , le levier sera proportionnellement soulevé et par suite de la position excentrique des points d'attache, il soulagera la courroie du frein et réduira la friction. L'inverse se produira au contraire si le coefficient de friction vient à diminuer.

La tige qui porte le poids P se prolonge sous le pont et se termine par un piston plongeant dans un corps de pompe rempli d'eau. On évite ainsi les chocs qui pourraient se produire par suite de variations brusques de la tension sur le câble.

Comme d'ailleurs il convient de pouvoir, dans certaines circonstances, soulager immédiatement le câble, de tout ou partie de l'effort du frein modérateur, l'extrémité du levier du frein a est fixée à une chaîne s'enroulant sur un tambour d'où part une autre chaîne, attachée diamétralement et venant, par-dessus une poulie, aboutir à une roue de gouvernail fixée devant le dynamomètre. On peut ainsi modérer, à volonté, l'effet du frein, suivant les indications du dynamomètre, sans être obligé de faire subir aucune variation au poids P appliqué sur le levier.

La *Dacia* avait deux freins pareils à celui qui vient d'être décrit. Cet appareil est, à peu de chose près, le même qui fut employé à bord du *Niagara* et de l'*Agamemnon* lors de la pose du premier câble transatlantique en 1857.

Voici comment est disposé le dynamomètre, qui sert à mesurer la tension que subit le câble. En avant du tambour des freins, le câble passe au-dessus d'une poulie à gorge située à environ 12 mètres de la poulie d'arrière, par-dessus laquelle le câble va plonger sous l'eau. A moitié distance de ces deux poulies, élevées également au-dessus du pont, le câble passe sous une troisième poulie chargée de poids, qui glisse, au moyen de galets, dans un châssis vertical dont un des montants est gradué. Suivant l'effort ou la tension que subit le câble, cette poulie monte ou descend le long du châssis et marque, au moyen d'un indicateur fixé à la poulie, le degré de l'effort supporté par le câble. L'échelle de ces degrés est construite comme suit.



Soient a le point (1) où le câble touche la poulie d'écoulement à l'arrière, et b celui où le câble quitte

la poulie placée à l'avant des tambours, la ligne ab représenterait la position du câble si son poids était nul et s'il n'avait pas à supporter la poulie Q du dynamomètre. Si l'on place cette poulie

exactement au milieu de la ligne $a b$, le câble cèdera et formera avec cette ligne un angle φ ; alors si Q représente le poids de la poulie du dynamomètre et K la tension de la ligne entre a et Q nous aurons: $K \sin \varphi = \frac{Q}{2}$ ou $K = \frac{Q}{2 \sin \varphi}$ (1).

De plus, si l égale la demi-distance entre les points a et b , et h égale la distance verticale de flexion du câble sous l'effort du poids Q , nous aurons

$$\sin \varphi^0 = \frac{h}{\sqrt{l^2 + h^2}} \quad (2)$$

Si nous remplaçons $\sin \varphi^0$ par cette valeur, dans la première formule, nous avons

$$K = \frac{Q \sqrt{l^2 + h^2}}{2 h} \text{ d'où } h = \frac{Ql}{\sqrt{4 K^2 - Q^2}} \quad (3)$$

Dans cette expression Q et l sont des constantes de grandeurs connues; par conséquent, si dans la formule (3) nous déterminons successivement les valeurs 1, 2, 3, 4, etc. de K , nous obtiendrons une série indiquant la hauteur h , correspondante au poids Ql lorsque le câble est sous les différentes tensions 1, 2, 3, 4, etc.

La tige supportant les poids, dont est chargée la poulie du dynamomètre, se continue sous le pont et se termine par un piston plongeant dans un corps de pompe plein d'eau qui a pour effet d'amortir les chocs.

Sur la demande de M. Stapfer, secrétaire, M. Ternant donne quelques informations relatives aux tarifs et aux voies à faire suivre aux dépêches, et rappelle ce fait curieux que le câble actuel de Barcelone sert actuellement à l'échange, par la voie de Marseille, des correspondances entre Barcelone et Madrid. Un fait du même genre s'était produit pendant la guerre de 1870, alors que l'armée du général Faidherbe était privée de communications télégraphiques directes avec le gouvernement de Bordeaux, et expédiait ses dépêches en Angleterre d'où elles arrivaient à Marseille, puis à Bordeaux, par le réseau des câbles sous-marins de l'Atlantique et de la Méditerranée.

Sur la demande du général Lewal, M. Ternant décrit rapidement les méthodes employées pour localiser les fautes des câbles endommagés. Suivant la nature de la faute, il est plus ou moins facile d'en déterminer l'emplacement exact. Lorsque la rupture du câble est complète et que le conducteur fait terre parfaite au point fautif, la résis-

tance du cuivre de la section éprouvée permet de déterminer la longueur de cette section en fonction de l'unité de longueur on bien encore de celle du câble entier.

Si la faute est mal dessinée et offre par elle-même une résistance considérable au passage du courant à la terre, elle permet fréquemment les transmissions avec les appareils délicats qui sont maintenant en usage. Dans ce cas il convient d'employer un pouvoir électromoteur très-faible et des appareils très-sensibles avec lesquels on empêche la faute de s'agrandir. On peut ainsi faire durer longtemps un câble fautif et le câble transatlantique français de 1869 a pu fonctionner jusqu'en 1872 avec un défaut de cette nature, qui a été relevé et réparé depuis.

Si la faute ne permet pas des communications suivies, on l'élargit au moyen de forts courants renversés qui, en dégageant successivement de l'hydrogène et de l'oxygène à la faute, forment des bulles de gaz qui, en crevant, déchirent la gutta-percha de l'isolement. Lorsqu'il est impossible de produire ainsi un bon contact avec la terre au point fautif, on traite la faute elle-même comme donnant lieu à un courant dérivé et par une épreuve répétée, aux deux extrémités, avec le câble successivement isolé puis mis à la terre, les deux stations extrêmes peuvent arriver, au moyen d'une formule due à M. Blavier, à une approximation très-grande dans la localisation du point fautif. Malheureusement, le rapprochement des deux métaux (fer et cuivre) dans la faute, forme, sous l'action de l'eau de mer, des électrodes dont la force électro-motrice est très-variable et vicie la plupart du temps les résultats.



L'ARCHITECTURE INDUSTRIELLE

NOTES ET APPRÉCIATIONS CRITIQUES

Par **M. Jules RICHAUD**, Architecte.

Quelques philosophes cherchent le caractère du beau dans « la convenance » ou dans « l'aptitude des choses à remplir leur destination » ou même « dans leur utilité ; » à ce point de vue, cette définition exprimerait assez exactement le caractère de l'architecture industrielle, en indiquant les qualités essentielles qu'elle doit posséder.

D'un autre côté, il est évident aussi qu'au point de vue de l'esthétique et de l'art en général, il semblerait qu'il n'y a pas lieu de distinguer et de savoir si, sous ce rapport, l'architecture est industrielle ou purement artistique. Les maîtres du XV^e et du XVI^e siècle le comprenaient ainsi, ils ne faisaient pas cette distinction dans leur architecture civile et on sait qu'à cette époque ils étaient aussi bien ingénieurs et constructeurs qu'artistes proprement dits.

Il serait donc assez difficile de déterminer d'une manière absolue « quel est le caractère particulier de ce que nous appelons aujourd'hui l'architecture industrielle, » qu'elles sont ces lois, ses principes, et qu'elle distinction on entend faire à son égard, par rapport à l'architecture en général.

Cependant, cette distinction existe en réalité, elle est reconnaissable dans une foule d'applications modernes ; il peut donc être utile et intéressant de rechercher, en même temps que les procédés, les développements successifs et le but d'un art essentiellement contemporain et qui s'applique à tant de choses.

L'industrie, qui a acquis de nos jours une si grande extension, est venue souvent demander à l'art son concours, et cette expression du

« beau » qu'elle seule était impuissante à donner dans ses œuvres. De là, sans doute, est né ce qu'on a appelé depuis l'art industriel et par extension, l'architecture dite industrielle est devenue comme une des branches d'application de cet art, dans tout ce qui a trait aux constructions.

C'est à ce dernier point de vue que j'essayerai de limiter le cadre de cette étude ; le champ est vaste, et il est en effet bien peu d'œuvres contemporaines qui n'empruntent à l'élément industriel une partie de leur caractère et cette facilité d'exécution et de mise en œuvre qui ont permis de nos jours la réalisation rapide et économique de la plupart de nos grands travaux d'utilité publique ou privée.

Les ingénieurs et les architectes sont les directeurs naturels et les propagateurs autorisés de cette science toute moderne qu'on appelle *l'architecture industrielle* : j'essayerai d'indiquer la part prise par chacun d'eux en faveur de son extension et de son développement. Et quoique leurs fonctions respectives soient essentiellement distinctes dans la plupart de leurs travaux, je tenterai de prouver que de leur mutuel concours et de leur intelligente union, dépend l'avenir de notre architecture industrielle et peut-être aussi de « cet art nouveau » à l'avènement duquel les architectes en particulier travaillent depuis si longtemps.

Il y a une trentaine d'années, la plupart des grands travaux de bâtiments élevés pour les besoins divers de l'industrie et affectés à une exploitation quelconque étaient presque toujours conçus et exécutés par des ingénieurs ou des constructeurs proprement dits, sans l'intervention ou le concours d'aucun architecte et il faut oser dire à ce sujet que, sous le rapport de l'art, ces travaux laissaient généralement à désirer et attestaient souvent une certaine infériorité qu'il est impossible de ne pas reconnaître. Cela s'explique d'ailleurs et jusqu'à un certain point, par la préoccupation exclusive du côté scientifique et industriel apportée par les premiers dans la rédaction de leurs projets et l'espèce d'indifférence qui présidait ordinairement à l'étude de « la forme extérieure » considérée par eux comme accessoire et par suite fort négligée.

Aujourd'hui, il n'en est plus ainsi, et le public comme les intéressés ont reconnu qu'il était utile aussi bien qu'avantageux de soigner et d'étudier dans une certaine mesure le « côté figuratif de l'œuvre » surtout à une époque comme la nôtre où l'aspect extérieur des choses a souvent une si grande influence et où l'esprit d'un public plus ou moins connaisseur revient si difficilement d'une première impression.

582282 A

A ce seul point de vue, il est donc nécessaire d'apporter à cette partie des projets les soins voulus et c'est ce que les industriels eux-mêmes paraissent avoir très bien compris actuellement.

A un autre point de vue, il est encore une considération très essentielle qui mérite d'être indiquée, je veux parler de « l'emploi rationnel et économique des matériaux ; » il y a là une question très intéressante à développer pour un genre de construction qui est appelée précisément à faire le plus souvent usage de produits naturels ou fabriqués d'un prix peu élevé et ne nécessitant qu'une main d'œuvre relativement restreinte ; il n'est donc pas inutile et j'essaierai d'indiquer les rapports qui doivent nécessairement exister entre la forme et la structure et l'emploi logique des matériaux dans une construction industrielle quelconque.

Parmi les principales matières plus ou moins fabriquées et livrées par le commerce à l'industrie des constructions, il en est quelques-unes dont l'emploi a pris dans ces derniers temps une extension considérable : le fer, la fonte et la tôle, par exemple, sont devenus aujourd'hui les éléments indispensables de toute œuvre industrielle, bâtiments ou machines, j'examinerai donc quelques-unes de ses applications et j'en déduirai des conclusions qui rentrent essentiellement dans mon sujet et dans le but de cette étude.

Deux édifices très importants et que chacun connaît s'offrent à moi comme moyen de comparaison et d'appréciation, ce sont d'abord, les halles centrales de Paris, ensuite le Palais, aujourd'hui démoli, de l'Exposition universelle de 1867, au champ de mars.

Dans le premier de ces édifices et abstraction faite de l'ossature, on reconnaît tout d'abord la main et les soins d'un véritable architecte ayant présidé à l'étude artistique de l'œuvre, en se servant du métal lui-même et sans le secours d'aucune superfétation ; à cet égard, on peut très bien dire de cet édifice que l'effet architectonique a été absolument réalisé ici par l'emploi seul de la matière qui a servi à sa construction ; ces arcs en fonte ajourée, ces arbalétriers à treillis, ces entre-colonnements en fonte évidée, ces sveltes colonnes à chapiteaux ornés et heureusement fouillés, ces motifs de couronnement des cheneaux, etc., etc. ; tous ces nombreux détails enfin qui constituent une partie de la structure même ont été assujettis et pliés par l'auteur à ses exigences artistiques, et cela produit naturellement cette harmonie et cette exacte proportion des formes et des profils qui concourent si bien à l'effet général et à cette heureuse ordonnance de l'ensemble que chacun peut constater et apprécier.

Si de cet édifice nous passons au bâtiment de l'Exposition de 1867, nous trouvons là l'antithèse du précédent. Tout ici a été sacrifié aux exigences de la structure et de la construction ; on sent que les auteurs de cet immense vaisseau, peu préoccupés de la forme extérieure et de l'aspect artistique, n'ont eu qu'un but, couvrir le plus rapidement le plus grand espace possible, selon les lois et les exigences nécessaires à la stabilité, mais rien de plus. De là aussi, cet énorme amas de fers, ces courbes bizarres et peu gracieuses et cet ensemble de gazomètre qu'on a ensuite habillé tant bien que mal aux endroits essentiels d'une décoration hâtive et éphémère, si peu en rapport avec le caractère et la structure du monument.

Je ne fais pas là un reproche personnel aux auteurs de ce gigantesque travail accompli, on le sait, si rapidement, et il est probable que si on avait eu par devers soi plus de temps et d'argent et aussi la pensée d'une construction définitive et permanente, nul doute que ce palais de circonstance n'eût été mieux étudié au point de vue artistique et architectural ; mais je veux en tirer cette conclusion que, une construction de ce genre étant donnée, il est possible, il est nécessaire même de faire marcher de front dans un tel projet l'étude de la structure avec les soins qu'exige la forme extérieure au point de vue que je viens d'indiquer.

Le palais actuel de l'Exposition de Vienne, dont nous a dit récemment quelques mots un de nos collègues, semble être une nouvelle preuve à l'appui de ces considérations ; et malgré le peu « d'effet » que semble avoir produit sur notre compatriote l'ensemble architectonique du palais viennois, il y a dans cet ouvrage un progrès sensible sous ce rapport avec les précédentes expositions ; dans tous les cas, il faut y voir une tentative louable et un commencement de solution en faveur du problème artistique que probablement nous essayerons nous-mêmes de résoudre, à notre prochaine exposition, si nous sommes mieux inspirés et si les circonstances le permettent.

Ce que je viens de dire, relativement aux deux édifices français ci-dessus cités, me permet d'appuyer sur cette conclusion ; c'est qu'en dehors de ces deux conditions essentielles, qui sont l'union intime de la structure avec les exigences de la forme, on aura peut-être une vaste construction, solidement établie, réussie sous certains rapports, mais point du tout une œuvre complète où l'alliance de l'art et de la science étroitement liés concourront également au résultat final désirable, c'est-à-dire au « beau » et à son expression sincère.

Aujourd'hui dans les travaux même du gouvernement, dans les chemins de fer, dans les grandes usines ou ateliers, on confie pres-

que généralement la direction des travaux de bâtiments à des architectes, c'est-à-dire à des hommes spéciaux chargés délaborer sur le canevas qui leur est fourni, la partie architectonique des projets, les uns et les autres s'en trouvent bien parait-il et, en dehors des avantages évidents qu'on a pu constater à cet égard, il en ressort pour tous cette satisfaction morale de doter le pays d'œuvres mieux étudiées, plus parfaites et que l'étranger considère aussi avec un plus grand intérêt.

Dans cet ordre d'idée, si nous descendons des grandes œuvres aux moyennes et aux petites, les mêmes exigences se rencontrent et deviennent plus sensibles encore : nos principaux industriels sont entrés depuis longtemps dans cette voie, et à leur suite, il n'est pas de petit commerçant ou de chef d'établissement qui n'aille chaque jour demander à un architecte, soit un plan de café, de magasin, d'atelier ou de devanture au moment d'une nouvelle installation ou d'un changement de local.

Je veux essayer maintenant d'indiquer (du moins d'une manière générale) dans quel esprit un architecte doit entreprendre l'étude d'une construction industrielle quelconque et qu'elles sont les ressources, ainsi que les moyens qu'il doit mettre en œuvre pour arriver à un résultat satisfaisant aux points de vue de la construction et du mérite artistique en même temps.

A mon sens, un architecte, de nos jours, doit avoir l'esprit assez indépendant pour ne pas être dominé quand même par des tendances d'école ou par un parti pris artistique habituel ou exagéré ; il doit posséder assez d'éclectisme pour que son talent puisse se prêter avec souplesses aux divers genres d'application qu'on peut avoir à lui demander, enfin, il doit avoir en dehors de son art proprement dit, des connaissances générales suffisantes, pour ne pas être trop étranger au langage et aux indications plus ou moins spéciales des ingénieurs ou des industriels auxquels il prête son concours. Dans ces conditions, il aura alors toute sa liberté d'allure et s'il est convenablement instruit dans la pratique de son art, comme il faut le supposer, il saura produire presque toujours avec intelligence et sincérité une œuvre réussie et de quelque valeur.

Une des conditions qui me semble essentielle de la part d'un architecte chargé d'une construction industrielle de quelque importance, est avant tout de se bien pénétrer du côté utile et pratique auquel doit répondre son projet, il faut pour cela qu'il compose sa structure et déterminer l'emploi de ses matériaux en raison directe des besoins auxquels il doit satisfaire, sans jamais perdre de vue cependant l'effet

architectonique qu'il peut et doit tirer de ses combinaisons. Cet effet, il doit franchement l'exprimer par des moyens naturels, logiques et tels d'ailleurs que le lui suggéreront son goût et sa science acquise; ici surtout il faut qu'il écarte avec soin toutes les formes d'art plus ou moins séduisantes qui ne seraient pas l'expression sincère d'un besoin évident ou d'une sérieuse utilité.

L'art véritable ne consiste pas à broder ou à enrichir par des ornements coûteux et souvent déplacés, une surface lisse, et il y en a souvent beaucoup plus dans la juste proportion ou l'heureux profil d'une simple corniche ou d'un modeste archivolt que dans la sculpture compliquée d'une frise ou dans le cadre orné d'un panneau décoratif.

Si dans beaucoup de constructions industrielles importantes, on rencontre une pauvreté et une maladresse architecturales évidentes, il serait tout aussi mauvais, d'y rencontrer un luxe d'ornementation et un style qui ne seraient pas en situation ni en relation logique avec le caractère et la destination de l'édifice; le sentiment de convenance est ici de rigueur et on le comprend de reste, pour qu'il soit utile d'insister.

D'autre part, il est une considération qui peut paraître banale au premier abord, mais sur laquelle je ne crains pas toutefois d'appeler l'attention. Je veux parler des proportions et des formes d'art qu'il convient de donner à certain corps d'architecture dont l'emploi est habituel, tels que les corniches, les cordons, les consoles, les boissages, refends, moulures et saillies diverses selon l'endroit et la partie que ces corps doivent occuper dans l'ensemble d'une construction. A ce propos, je citerai un fait dont un de mes amis a été témoin dans un de nos départements que je ne nommerai pas. L'ingénieur ou l'architecte de ce département avait à construire un pont en pierre, sur une rivière, avec pavillon aux extrémités devant servir de bureau de péage et d'octroi; quoique d'une architecture modeste, eu égard aux ressources affectées à ce travail, l'auteur avait voulu donner un certain caractère à cette construction, qui devait être faite totalement en briques et en pierre de taille de la localité: or qu'avait-il imaginé? il avait mis comme couronnement longitudinal au-dessus de l'arche du pont, une corniche très saillante, très peu épaisse et ornée de modillons serrés et d'un très faible échantillon, tandis que pour les pavillons, il avait mis comme couronnement une corniche à larges consoles espacées, à rude tailloir et à moulures à l'avenant. Cela faisait un effet bizarre, parce qu'on comprenait à première vue et sans trop être du métier, que c'était le contraire qu'il eût fallu faire

et que la corniche du pont eût été plutôt à sa place sur le pavillon et vice-versà.

Je parlais tantôt du *sentiment de convenance* qui doit généralement présider aux conceptions architecturales et qui en architecture industrielle surtout est un des préceptes qu'il faut toujours savoir observer : ce sentiment, on le comprend, peut se traduire de diverses manières et naturellement selon le tempérament de l'architecte, selon le genre de ses études et selon aussi ses tendances particulières ; mais il est évident qu'avant toute préférence artistique ce sentiment doit être commun à tous et que, dans tout projet industriel, il doit primer toutes les autres considérations d'art, si l'on veut faire véritablement de *l'architecture industrielle*, c'est-à-dire une construction logique et rationnelle, s'appropriant directement à l'objet et au caractère de l'édifice que l'on va créer.

Dans ces conditions et n'importe le bâtiment industriel que vous aurez à élever, il y aura toujours dans votre œuvre un mérite réel si l'on peut y reconnaître à première vue l'observation de ce sentiment de convenance et si, en même temps que l'idée principale de votre conception, on y sent la logique de la structure et la juste application d'une mise en œuvre intelligente et rationnelle. Dans cette hypothèse, le spectateur analysera rapidement l'œuvre entière sans effort et avec cette satisfaction qu'on éprouve généralement devant une chose réussie ; il y a là tout de suite un avantage en faveur de l'objet qu'on examine qui est celui de bien disposer à une étude plus attentive, or il est bien rare (cela se conçoit) qu'un ouvrage qui a cet attrait n'offre pas ensuite, à l'analyse détaillée qu'on en peut faire, la plupart des mérites et de la valeur que la première impression a laissé entrevoir.

Les matériaux que l'on emploie dans la plupart des constructions industrielles, sauf quelques rares exceptions, sont ordinairement, et comme je le disais tantôt, les moins chers et souvent limités à ceux que l'on trouve dans la localité ou l'on bâtit ; il semblerait de là qu'il est assez difficile (surtout si l'on y doit joindre la question d'économie) d'obtenir un effet architectonique quelconque avec des éléments restreints ou par trop *fruste*. C'est une erreur ! tout dépend de la sagacité de l'architecte et de la manière dont-il saura tirer parti des ressources qu'il a en mains.

Il y a en Toscane de simples bâtiments de ferme et d'exploitation rurale construits en pisé ou avec des briques non cuites, érigés le plus souvent par les soins seuls du maçon indigène. Eh bien ! ces modestes ouvriers trouvent parfois le moyen d'arriver à un effet artistique ou

pittoresque excellent, par la disposition ingénieuses de certaines parties en briques ajourées et par l'opposition de tons, des enduits en mortier. En Belgique, on le sait, le principal attrait des constructions suburbaines consiste le plus souvent dans la forme non symétrique du plan et par la différence de hauteur de toits, disposition par laquelle on obtient ces jeux de lumière et d'ombre dont l'effet est toujours saisissant et dont les « cottages » anglais sont également une des diverses expressions.

Les briques et les moëllons bruts sont généralement les principaux matériaux qu'on emploie dans la construction de la plupart des bâtimens industriels ordinaires et si j'y ajoute le bois comme un de ceux également employés au point de vue le plus modeste et le plus économique, je trouve là trois éléments existant à peu près partout en France et au moyen desquels il est possible d'arriver à une foule de combinaisons très-heureuses au point de vue de l'art. A peu d'exceptions près, le genre et la nature des matériaux ne peuvent donc pas être un empêchement sérieux pour obtenir un effet artistique quelconque, tout dépend, je le répète, du goût et du savoir de l'architecte à en tirer parti, et en fait de ressources, ce sont celles de son imagination qui lui fourniront encore les matériaux artistiques les plus nombreux et les plus sûrs.

Mais j'ai hâte d'arriver à une considération d'un autre genre ; elle me servira de conclusion à ce que j'ai déjà dit sur le « sentiment de convenance » à observer dans tout ce qui a trait aux constructions industrielles.

Qui de nous n'a rencontré, d'un côté ou d'un autre, certaines usines ou exploitations industrielles affectant la forme gothique ou romane ? Qui ne se rappelle également certaines gares de chemin de fer, du plus pur classique ou représentant pompeusement quelque château Louis XIII. Or, sans vouloir multiplier les exemples, peut-on considérer ces spécimens comme des formes d'art appropriées à l'objet qu'elles doivent représenter. Je ne le pense pas, quant à moi. Car elles sont en opposition formelle avec le caractère et la destination spéciale de ces édifices et ce n'est assurément pas là où le sentiment de convenance et d'opportunité paraîtra le mieux observé. On ne saurait donc protester avec trop de vivacité contre ces exemples qui sont en contradiction violente avec les préceptes ordinaires du goût et de la raison, et qui ne tendent à rien moins qu'à abaisser le niveau de notre architecture.

Que les Anglais et les Américains, par exemple, trouvent excellent de faire des « temples grecs » pour toute espèce de choses et d'édifices ;

que les Anglais principalement fassent quelquefois des *fac-simile* d'architecture gothique en style Marie Tudor avec meneaux et toits aigus pour renfermer quelque filature ou quelques salles de réunion publique. Je le comprends à la rigueur, mais que nous, Français, qui avons dans le passé et le présent de notre architecture nationale les plus riches matériaux artistiques et les meilleurs modèles, nous commettions de ces hérésies, au point de vue du goût, je ne le comprends pas et je le déplore toutes les fois qu'il m'est donné d'en rencontrer l'expression.

En définitive, « l'architecture industrielle » telle que nous devons la comprendre et la pratiquer, peut se résumer en quelques mots et en cette définition concrète !

Il n'y a pas pour elle de forme d'art absolument spéciale et aucun style propre suffisamment tranché ne peut lui être exclusivement appliqué. Mais elle doit cependant avoir un caractère particulier qui la fasse reconnaître quand même, et si des éléments communs avec l'art en général lui sont indispensables, elle doit avant tout et principalement mettre en lumière les procédés et les formes spéciales que la science et l'industrie modernes ont inventés.

C'est là son but essentiel et indépendamment des ressources et des moyens déjà acquis; elle doit être la première à faire l'application des nouveaux procédés et des combinaisons les plus récentes que la sciences des constructions met à son service de temps à autre.

Il faut donc que les ingénieurs et les architectes, interprètes naturels de cet art nouveau, tout en se servant, dans la mesure nécessaire, des principes et de l'autorité des choses consacrées, étudient cette architecture sous toutes ses formes et dans toutes ses applications, c'est-à-dire en cherchant et en inventant des formes nouvelles en rapport avec nos besoins actuels et avec les nouveaux matériaux que nous possédons aujourd'hui.

Il faut, lorsqu'on aura à construire un bâtiment industriel quelconque, se bien pénétrer de trois choses essentielles qui peuvent être considérées comme des principes généraux et que je résumerai ainsi :

1° A l'extérieur, exprimer par des moyens logiques et naturels (n'importe les matériaux dont on dispose) le caractère particulier de l'édifice que l'on érige, sans le secours d'une ornementation factice ou exagérée et simplement par la juste position des lignes et l'heureuse proportion des épaisseurs et des saillies dans les divers corps d'architecture que l'en emploie, puis si le projet comprend un ensemble de bâtiments, établir entr'eux cette sorte de relation décorative et constructive en même temps, qui détermine à première vue une harmo-

nie d'ensemble et un sentiment d'unité qu'on ne puisse méconnaître. Enfin et selon le précepte qui domine aujourd'hui parmi nos plus habiles constructeurs, accuser au dehors d'un édifice soit d'une façon soit d'une autre, la structure et le système de construction adoptés, sans en masquer inutilement les éléments constitutifs, ce qui donne généralement à un bâtiment une silhouette ou une expression toute différente de l'ossature et du principe de la construction.

2° A l'intérieur, éviter la répétition des points d'appui intermédiaires ou en réduire autant que possible la section, déterminer les passages et communications principales en rapport du trafic et des besoins stricts ; établir les charpentes, celles des toitures principalement, avec des éléments aussi peu nombreux que possible, faire de grandes baies, apporter de l'air, de la lumière, de la salubrité et de l'aération à l'intérieur de toutes les pièces, en un mot, faire « grand » dans peu d'espace, comme disent les Anglais.

3° Etudier le système de construction et les matériaux à employer avec la plus grande sollicitude, car c'est là la pierre angulaire de tout projet industriel et on comprend très-bien l'économie souvent considérable qui peut en résulter quand ces questions sont bien entendues (toutes choses égales d'ailleurs).

C'est donc à réaliser ce programme et vers ce but que nous devons diriger nos études et appliquer tous nos efforts. Là seulement sera le progrès, mais pour cela il faut travailler, il faut nous instruire, et comme l'a très-bien dit un philosophe : « Pour que l'art avance il faut qu'il sorte de la voie déjà parcourue. » Rien n'est plus vrai, ni plus applicable ici.

Ai-je besoin maintenant d'entrer dans des détails ?

Qui ne les devine et ne les comprend après ces considérations générales et lequel de nous ne saura se mettre à l'abri de certains écueils et de certains écarts de goût (tel, par exemple, que celui que je signalais tantôt en parlant de ce pont et de sa corniche). Pour nous tous, il est évident que l'emploi judicieux des formes et des profils architectoniques est une science aussi qu'il faut posséder au préalable, si on veut entreprendre avec succès des travaux d'architecture, et pourtant beaucoup encore la négligent. Cette raison était suffisante pour en parler et en faire sentir l'importance relative.

En terminant cette étude, déjà un peu longue pour le cadre que je m'étais tracé, je dois revenir sur une considération émise au début de cet article et ayant trait à la part prise aujourd'hui par les architectes dans la plupart des constructions industrielles.

Je crois qu'il faut s'en féliciter, non-seulement aux divers points de vue que j'ai indiqués, mais encore sous le rapport des relations intellectuelles qui ne peuvent que se former et s'étendre de plus en plus entre les ingénieurs et les architectes, sur un terrain très-propice à la diffusion des idées professionnelles.

Jusqu'ici nous sommes restés bien à tort et malgré la différence de nos travaux et de notre mission dans la société, beaucoup trop étrangers ou indifférents les uns les autres ; aussi est-ce avec une réelle satisfaction qu'on doit voir peu à peu s'établir entre nous cette espèce de fusion pour ainsi dire inconsciente mais certaine dont nous devons profiter à égal titre et dont les résultats, favorables à l'art, s'apprécieront encore mieux dans l'avenir et devant nos œuvres individuelles ou collectives.

RICHAUD, Jules, *Architecte.*

Mars 1874.

NOTE SUR LES MACHINES D'ÉPUISEMENT DES MINES

Par **M. P.-E. BIVER**

Ancien élève de l'École militaire de Bruxelles.

L'article sur les machines d'épuisement de MM. Hathorn, Davis, Campbell et Davey, de Leeds, publié par M. K. d'Hauthuille dans le *Bulletin de la Société Scientifique Industrielle de Marseille* (tome I, page 339) me fournit l'occasion de quelques remarques qui peuvent avoir leur utilité pratique.

Ayant à commander une puissante machine d'épuisement, en 1856, pour les charbonnages des Bouches-du-Rhône, je m'arrêtai au système dit de Cornouailles, à traction directe. La machine fut construite par MM. Robert Daglish et C^e, de Saint-Helens (Lancashire) pour une pression effective de 30 livres (2 atmosphères environ) ; le piston à vapeur a un diamètre de 84 pouces (2^m,13) et une course de 10 pieds (3^m,05) ; une machine analogue, que j'ai vue près de Saint-Helens, a marché pendant quelque temps, m'a-t-on dit, à la vitesse de quinze coups par minute, pour dénoyer un puits : on ajoutait, il est vrai, que cette marche avait détraqué la machine ; les journaux anglais ont annoncé que cette même vitesse a été réalisée en Amérique. Quoiqu'il puisse en être de ces affirmations, la machine de MM. Robert Daglish et C^e, montée au puits Léonie, des charbonnages des Bouches-du-Rhône, réalise depuis longues années une marche infiniment supérieure à celles des machines de Cornouailles, décrites dans les publications françaises ; je suis donc autorisé à la considérer comme un excellent type de ce système. Cette machine marche normalement à une vitesse moyenne de neuf coups par minute ; on peut la pousser jusqu'à dix coups, mais alors elle demande une surveillance fatigante ; à cette vitesse de neuf coups, le piston à vapeur a une vitesse moyenne absolue de 54 mètres par minute, et une

vitesse moyenne utile de 27 mètres, la machine étant à simple effet. Dans des moments de presse, j'ai fait établir au même niveau des pompes élévatoires et des pompes foulantes marchant simultanément ; alors la machine ne peut plus marcher qu'à la vitesse de 7 1/2 coups à 8 coups par minute ; soit , comme vitesse moyenne utile extrême du piston à vapeur, 48 " . par minute.

La machine d'épuisement de la compagnie du zinc de Lehigh (Lehigh Valley, Etats-Unis d'Amérique) d'un diamètre de 110 pouces (2 " ,80) et de 10 pieds de course (3 " ,05) donne 12 coups à la minute , élevant ainsi 12,000 gallons (54,500 litres) à une hauteur de 300 pieds (91 " ,40). (*Engineering* du 16 février 1872). Mais, d'après M. Burat, les machines d'épuisement récemment établies à la Vieille Montagne, au Grand Hornu et à Fiennes, ne donnent que 4 à 5 coups par minute. La marche de la machine du puits Léonie peut donc être considérée comme une bonne normale.

Si j'examine d'autre part les moteurs des bateaux à hélice, je trouve des vitesses moyennes utiles de pistons à vapeur, de 50 à 150 mètres par minute, avec des pressions de quatre à cinq atmosphères effectives ; c'est-à-dire que les machines sont capables d'un travail infiniment plus grand que les machines de Cornouailles, à volume égal ; et cependant les machines des bateaux sont, comme celles des mines, soumises à une marche continue, sans aucun arrêt, pendant des semaines ou des mois ; elles doivent être, et sont en effet, d'un entretien facile. Cette comparaison sommaire fait juger que les machines de Cornouailles, dont le type remonte aux premiers temps de l'emploi industriel de la vapeur, ne sont pas le dernier mot de la mécanique appliquée aux épuisements des mines ; aussi a-t-on de tout temps cherché à les transformer. Je n'entrerai ici dans aucun détail sur les nombreuses modifications que l'on a essayé d'appliquer aux machines de Cornouailles : admission alternative de la vapeur au-dessus et au-dessous du piston ; addition d'un volant ; addition d'un cylindre à haute pression d'après les idées de Woolff, etc.

Le caractère général de la machine d'épuisement de Cornouailles est déterminé par la tige qui sert à transmettre la force aux pompes ; cette tige transmet admirablement la force au point de vue de l'effet utile, mais elle demande une grande surveillance, un grand entretien ; les accidents résultant des bris de tige sont redoutables ; aussi un très grand nombre d'ingénieurs ont cherché la solution du problème de l'épuisement des mines dans la suppression de la tige , en mettant la machine à l'intérieur à côté des pompes. Un premier avantage obtenu par cette disposition, c'est la suppression des pompes

étagées : on peut très bien refouler d'un trait à 300 mètres de hauteur (et probablement à une hauteur quelconque), avec une machine intérieure, tandis qu'avec une machine de Cornouailles, en adoptant des hauteurs de jeux de 60 à 70 mètres il faut cinq reprises, avec des pertes de charge à chaque reprise.

M. Henri Audemar a publié, dans le *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, de Saint-Etienne (tome I de la 2^{me} série, page 437), une étude très complète sur la machine d'épuisement intérieure du puits Sainte-Marie aux mines de Blanzv. Le moteur est formé de deux cylindres horizontaux dont les pistons sont couplés à 90°; la vapeur est admise à 3^m,75 effectives, pendant la moitié de la course; il n'y a pas de condensation; les pistons à vapeur ont un diamètre de 0^m,850 et une course de 1^m,10; le refoulement de l'eau est fait directement par quatre pompes à plongeur à simple effet, à la hauteur de 300 mètres d'un seul jet; la machine conduit en même temps deux pompes élévatoires, avec des tiges de 30 mètres environ. La machine a été essayée jusqu'à la vitesse de trente tours; elle marche normalement à 18 tours, représentant une vitesse moyenne utile de 39^m,60 par minute. Un volant de douze tonnes assure et régularise la marche de la machine.

Le succès de cette machine me décida, en 1872, à établir une machine intérieure, pour relever de 43 mètres une certaine quantité d'eau et la déverser dans une galerie d'écoulement à 87 mètres de profondeur; je choisis pour cela le type de machine Cameron, construit par MM. Tangye frères et Holman, de Londres. Cette machine se compose de deux cylindres à double effet, l'un comme moteur et l'autre comme pompe, réunis par une pièce de fonte. Les deux pistons sont réunis par une tige dont une très faible portion est apparente entre les deux presse-étoupes; le tiroir de distribution de la vapeur est mû par deux pistons à vapeur entre lesquels il est compris, et auxquels la vapeur est envoyée par l'intermédiaire de taquets disposés dans les couvercles du cylindre et touchés par le grand piston à vapeur arrivant à bout de course: cette distribution a une grande analogie avec celles des machines à colonne d'eau de Reichenbach. La machine intérieure que j'ai fait placer au puits Saint-Bonaventure, des charbonnages des Bouches-du-Rhône, a une course de 0^m,91, le piston à vapeur a 0^m,61 de diamètre, et le piston de pompe en a 0^m,35; la machine a été établie par les constructeurs pour marcher avec de la vapeur à 3 1/2 atmosphères effectives aux chaudières, élever l'eau à 40 mètres et donner 47 coups doubles par minute. Au lieu de jeter la vapeur d'échappement dans l'atmosphère,

j'ai ajouté à la machine d'épuisement un éjecteur-condenseur de Morton, au moyen duquel on peut obtenir un vide approchant de 0^m,65 de mercure. — Cet ensemble n'a pu encore marcher à plus de 20 coups doubles par minute, faute d'une venue d'eau suffisante ; l'ingénieur qui a assisté aux essais de la machine l'a fait marcher à blanc à 30 coups doubles, sans inconvénient.

En attendant une étude plus complète de ces appareils, je dois constater qu'ils marchent régulièrement depuis plusieurs mois et que l'on pourra certainement obtenir une marche normale de 20 coups doubles, soit 36^m,40 par minute, vitesse utile moyenne du piston à vapeur.

Je trouve, dans diverses publications ou communications, d'autres renseignements sur des machines à vapeur actionnant directement des pompes.

Les pompes de refoulement des Docks et Entrepôts de Marseille (*Note sur les appareils hydrauliques mis par l'eau sous-pression*, par M. Louis Barret, Marseille 1870) font le même travail que si elles élevaient l'eau à 537 mètres de hauteur ; la machine motrice se compose de deux cylindres horizontaux dont les pistons ont 0^m,540 de diamètre et 0^m,960 de course ; la pression aux chaudières est de 5 atm. absolues, l'introduction des 3/4 ; la marche normale est de 35 tours par minute ou une vitesse moyenne utile des pistons à vapeur de 67^m,20 par minute ; les pompes foulantes sont différentielles, à double effet ; elles sont au nombre de deux ; les pistons ont un diamètre de 0^m,140 et leurs tiges ont un diamètre de 0^m,099 ; il y a deux volants.

Le journal *The Colliery Guardian* de Londres, dans son numéro du 2 janvier 1874, mentionne aux annonces, d'après le journal *Engineering* du 3 janvier 1873, une pompe de MM. Hayward Tyler et C^e, de Londres, installée à la houillère de Trimdon Grange. C'est une machine horizontale de 40 pouces de diamètre (1^m,016) et 4 pieds de course (1^m,219) sans volant ni manivelle, comprise entre deux pompes à plongeurs de 10 pouces de diamètre (0^m,254) ; l'eau est élevée à 400 pieds (122^m) ; M. Forster a constaté que cette machine, après 1 an 1/2 de service, marchant à dix coups par minute, fournissait 245 1/2 gallons (1115 litres) d'eau, soit 80 1/2 pour cent du débit théorique. Le piston à vapeur a donc une vitesse utile moyenne normale de 24^m,38 par minute.

MM. John H. Wilson et C^e, de Liverpool, construisent des pompes directes à vapeur, brevetées par Selden, dont la disposition générale ressemble à celle des pompes de MM. Tangye frères et Holman et de

MM. Hayward Tyler et C^e; la distribution se fait au moyen d'un taquet fixé sur la tige commune aux deux pistons, le tiroir ayant une tige extérieure apparente.

MM. Ommaney et Tatham, de Manchester, offrent aussi au public des machines d'épuisement horizontales, à action directe et à double effet; mais leurs machines sont munies de bielles, manivelles et volants, comme celles de Blanzv et des Docks de Marseille.

La machine d'épuisement Tonkin, construite par MM. Nathaniel Mills et C^e de Birmingham, se distingue de toutes les précédentes en ce qu'elle présente la disposition verticale, comme les machines de Cornouailles; cette disposition permet de loger dans un puits une machine de grande puissance, ce qui n'est pas possible avec les machines horizontales; les détails de la machine Tonkin me semblent devoir différer fort peu de ceux de la machine Cameron.

Me voici enfin revenu aux machines Davey, qui ont été l'occasion de cette note. M. Audemar, dans son mémoire, signale la convenance de se préoccuper, même dans les machines d'épuisement pour houillères, de la consommation de combustible; les rapporteurs qui ont parlé des machines Davey font la même observation, et c'est ce qui a forcé MM. Hathorn, Davis, Campbell et Davey à proposer des machines jumelles à cylindres-compound et à condensation, destinées à obtenir un grand effet utile de la vapeur consommée. Cet effet utile se traduit en pratique par la réduction du nombre des chaudières (économie sur les chaudières et sur les fourneaux), par la réduction de la quantité de charbon consommé, et, pour les grandes puissances, par la réduction du nombre des hommes employés au chauffage. On comprendra l'importance de ces économies, en tenant compte que, par suite de circonstances exceptionnelles, il est vrai, le principal groupe de puits des charbonnages des Bouches-du-Rhône, a dû, en 1873, élever par des moyens mécaniques trois cent trente hectolitres d'eau pour chaque tonne de charbon extraite !

La marche convenable pour les machines d'épuisement différentielles compound de MM. Hathorn, Davis, Campbell et Davey, paraît être de 25 coups simples par minute pour une course de quatre pieds, soit une vitesse utile moyenne de 30^m,50 par minute.

La machine Davey, sans détente, de Doe Park près Chesterfield, peut donner 25 excursions complètes de 3 pieds de course d'après l'article du journal *Engineer* du 6 mars 1874.

Le rapprochement des données numériques ci-dessus fournit le tableau suivant :

DÉSIGNATION DE LA MACHINE.	Course en mètres.	Nombre d'excursions complètes par minute.	Vitesse moyenne par seconde.	
			Totale.	— Utile.
Machine de Cornouailles, verticale, simple effet.....	3.05	9	0=90	0=45
Hayward Tyler et C ^e , horizontale, double effet.....	1.22	10	0=40 $\frac{2}{3}$	0=40 $\frac{2}{3}$
Système Davey » » »	1.22	12 $\frac{1}{2}$	0=50 $\frac{5}{6}$	0=50 $\frac{5}{6}$
Système Cameron, » » »	0.91	20	0=60 $\frac{2}{3}$	0=60 $\frac{2}{3}$
Machine de Blanzv, à volant.....	1.10	18	0=66	0=66
» des Docks, » »	0.96	35	1=12	1=12
» de bateau moderne, Chimborazo, de John Elder et C ^e	1.219	60	2=44	2=44
» de bateau moderne, Rivadavia, Forges et Chantiers.....	1.00	63.1	2=10	2=10

La conclusion de ce tableau, c'est que pour avoir une machine peu volumineuse, à égale détente, il faut la construire à l'aide de bielles et de manivelles. En se rapprochant des systèmes modernes pour bateaux à vapeur on aura des modèles éprouvés comme utilisation du combustible, et comme résistance à une fatigue prolongée; la vapeur accomplissant tout son travail pendant un temps très-court, les déperditions de chaleur par la machine seront très-faibles; les volants à rotation rapide assureront tout à la fois un ralentissement de vitesse rectiligne lors des renversements des mouvements rectilignes, et une force vive emmagasinée considérable, avec des masses réduites et des frottements limités.

Les machines de Cornouailles ne peuvent réaliser de grandes détentees qu'en mettant en jeu des masses colossales.

Pour établir des machines d'épuisement compound à grande vitesse (50 à 100 tours) le problème à résoudre est celui de la distribution de l'eau des pompes; M. Audemar a fait, dans le travail précité, une étude intéressante sur le jeu des clapets libres; dans la machine des Docks, qui marche à 35 tours, la levée des clapets a été limitée à 0^m,037.

Pourra-t-on arriver, dans de bonnes conditions pratiques, à augmenter de beaucoup le nombre des tours en réduisant encore la levée? Des considérations théoriques me semblent établir que, toutes autres choses égales d'ailleurs, la levée limite des clapets doit varier en raison inverse du carré du nombre des tours.

Les clapets dans les pompes pourraient être remplacés par des tiroirs cylindriques équilibrés, comme dans la distribution des ma-

chines à colonne d'eau. Afin d'éviter la multiplicité des organes, on pourrait adopter des pompes différentielles à double effet, comme aux Docks; deux garnitures à presse-étoupes suffiraient pour la distribution équilibrée d'une pompe; le frottement de ces garnitures peut être réduit à 1/100 de l'effort total développé par l'eau sous pression sur la section du plongeur (mémoire précité de M. Barret p. 147); on pourrait donc assurer à la circulation de l'eau de très-larges orifices, sans s'exposer à d'importantes pertes de travail. Dans le cas de bielles infinies, une distribution arête pour arête, calée à 90°, offrirait des orifices d'écoulement toujours exactement proportionnels à la vitesse linéaire du piston de pompe, et par conséquent au débit.

Pour résoudre complètement le problème des machines d'épuisements de mines, il ne faut pas se borner aux pompes foulantes à vapeur; celles-ci ne pourraient en effet être installées avec sécurité aux étages inférieurs, faisant fonction de réservoirs et appelés à être fréquemment noyés; un léger dérangement aux barrages, destinés en pareil cas à protéger les pompes, pourrait entraîner la perte de l'épuisement, comme cela est arrivé récemment dans la concession d'Auriol; il y aurait beaucoup moins d'inconvénient à installer aux étages inférieurs des pompes foulantes mues par une machine à colonne d'eau; l'article traduit par M. d'Hauthuille cite les machines de cette classe construites par MM. Carrett, Marshall & Co; et ces machines ont pu fonctionner pendant longtemps sous l'eau, à ce qu'il paraît. M. Barret, dans son travail, propose une autre disposition qui présente l'avantage de se loger très-facilement dans un puits cuvelé.

Les ouvrages spéciaux décrivent avec détail un certain nombre de machines d'épuisements de mines mues par l'eau sous pression, appareils connus sous le nom déjà cité de machines à colonne d'eau.

L'ouvrage de M. Combes décrit, d'après un mémoire inséré dans les *Annales des mines*, les appareils installés aux mines de Huelgoat par M. Juncker; machine verticale à simple effet d'une course de 2^m30, donnant 5 excursions entières par minute.

Les *Annales des mines* de 1860 (5^{me} série, tome XVII, page 411) donnent un article de M. Pfetsch sur les appareils du système Reichenbach modifié, établis aux salines de Saint-Nicolas Varangéville (Meurthe) en 1855; machine horizontale à double effet, course de 0^m80, 10 excursions simples par minute, effet utile 77,20 pour 0/0. Les appareils établis par Reichenbach sont tous verticaux.

Le *Traité de l'exploitation des mines de houilles* de Ponson, (tome III, page 610), décrit l'appareil construit par M. Jordan, pour le service du puits de Silberseegener près Clausthal (Hartz), machine verticale à simple effet, course de 1-73, 4 1/2 à 5 excursions doubles par minute.

La *Revue universelle des mines*, publiée par M. de Cuyper, à Liège, donne dans le tome IX, page 197, la description d'une machine à colonne d'eau, établie par M. l'ingénieur Althans, au puits Centrum, à Eschweiler, en 1855; c'est une machine à simple effet, verticale, d'une course de 7 pieds; elle fait 4 excursions par minute.

Il semble impossible de donner à ces machines, telles qu'elles sont établies, une vitesse linéaire qui permette de réduire leurs dimensions. En effet, le moteur eau ne pouvant agir par détente, la course ne peut continuer après la fermeture de l'admission; la force vive se transforme donc en chocs à fin de course, et ces chocs seraient destructifs des appareils, si les vitesses étaient un peu fortes.

Dès lors je me demande s'il n'y aurait pas avantage à relier les machines à colonne d'eau à des volants: ceux-ci emmagasineraient la force vive à certains moments, pour la rendre à d'autres; ils assureraient le ralentissement graduel des pistons dans chaque seconde moitié de course simple. Il y a plus; les pompes à plongeur à simple effet sont très-avantageuses comme simplicité et facilité d'entretien: en établissant un volant, on pourrait y relier trois machines à colonne d'eau à simple effet, calées à 120° l'une de l'autre; il n'y aurait pas de points morts, les mouvements seraient très-réguliers, le volant pourrait être très-léger comparativement au travail.

Afin de se mettre dans les meilleures conditions de marche, on pourrait adopter pour ces machines une vitesse moyenne totale de 1" à 1"50 avec des courses de 2 à 3"; les pompes de refoulement pourraient être munies de clapets d'un système quelconque, car elles se trouveraient dans les conditions de 10 à 15 excursions à simple effet, par minute, alors que les pompes à très-haute pression des Docks donnent 35 excursions à double effet, et les pompes de Blanzky 18 à simple effet. L'arbre coudé ne recevrait pas l'effort moteur principal, (les machines étant toutes à action directe), mais seulement la partie des efforts consommés par l'accélération ou restitués par le ralentissement; c'est pourquoi cet arbre pourrait avoir des manivelles de 0°20 à 0°30 seulement, dont les bielles seraient reliées aux tiges de pompe par des leviers ou balanciers.

La difficulté d'agencement de tous ces appareils, en vue d'une marche rapide, tient au défaut d'élasticité de l'eau. On pourrait appliquer,

sans doute, sur une plus grande échelle, les soupapes de sûreté comme dans les appareils Armstrong où M. Barret les appelle soupapes de choc. Par exemple, sur une boîte de distribution de pompe, soumise alternativement au refoulement et à l'aspiration, on pourrait établir deux pistons compensateurs, ayant une certaine course, et maintenus par des ressorts. L'un de ces pistons, légèrement soulevé pendant le refoulement, cèderait en comprimant son ressort au moment où le coup de bélier de la fin du refoulement se ferait sentir, puis il s'abaisserait pendant l'aspiration de manière à reposer sur un arrêt fixe ; l'autre piston aurait un jeu analogue, mais son ressort serait proportionné à la dépression qui détermine l'aspiration ; ainsi l'un des deux pistons serait toujours en fonctionnement, et la machine se comporterait comme si l'eau était élastique.

Le ressort qui paraît à première vue le plus pratique, c'est l'air : c'est aussi pour cela qu'un très-grand nombre de pompes sont munies de réservoirs d'air ; ces réservoirs fonctionnent parfaitement au moment de la mise en train des appareils, mais bientôt l'air se dissout dans l'eau, et si les réservoirs d'air continuent de fonctionner, ce n'est quelquefois qu'en vertu de l'élasticité du métal dont ils sont formés. Aussi, dans certaines pompes, a-t-on pensé à injecter de l'air dans le réservoir au moyen d'un appareil spécial, notamment dans la marche à colonne d'eau du puits Centrum.

Les chocs très-violents que subissent les chapelles des pompes ordinaires d'épuisement de mines, chocs qui brisent des pièces de fonte d'une épaisseur énorme, sont dus moins à l'importance des changements de vitesse, qu'à celle des masses d'eau passant du mouvement au repos. Des chocs de cette nature sont entièrement évités aux moyens des pompes conjuguées à colonne ascensionnelle unique, puisque la principale masse d'eau ne cesse jamais de se mouvoir dans le même sens, avec des alternances de vitesse modérée.

Pour compléter le système d'épuisement des mines par moteurs juxtaposés aux pompes, il faudrait étudier en détail des pompes d'avaleresse destinées soit au fonçage des puits, soit au sauvetage des travaux noyés par suite d'accidents.

Pour des volumes d'eau limités, MM. Tangye et Hayward indiquent de suspendre leurs machines-pompes horizontales dans les puits ; la machine-pompe verticale de M. Tonkin semblerait être d'une disposition plus appropriée à cet usage. Pour des volumes d'eau très-importants, le moteur à vapeur encombrerait évidemment le puits ; si l'on réussissait à établir des pompes à grande vitesse à moteur hy-

draulique, présentant un bon rendement, le problème pourrait être résolu ainsi : à la surface des machines à vapeur quelconques, amovibles, faisant marcher de puissantes pompes de refoulement ; dans le puits les colonnes d'eau descendantes et montantes et les machines-pompes à pression hydraulique (1).

MARSEILLE, le 11 Juin 1874.

P.-E. BIVER.

(1) Comme machines d'épuisement proposées récemment, je citerai encore la pompe à vapeur Compound, de Field et Cotton, construite par Whitley partners limited, railway works, Leeds (*Engineer* du 15 mai 1874, page 335) ; la pompe à vapeur Excelsior de J. Mac Nicol, de Glasgow ; la pompe de MM. Williamson et Walker, de Manchester ; la pompe rotative, système Greindl, construite par L. Poillon, à Lille. La machine à vapeur rotative de Sudlow n'est pas indiquée, dans les annonces, comme applicable aux épuisements ; j'estime, d'ailleurs, que les pompes à vapeur directes rotatives auraient un rendement beaucoup moindre que les pompes à vapeur directes, à mouvement rectiligne alternatif, et ce à cause du frottement inévitable dans les coussinets.

P.-E. B.



COMPTES-RENDUS

DES

SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE INDUSTRIELLE



Assemblée mensuelle du 9 Avril 1874.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance qui est adopté.

M. Villotrend compte des recherches qu'il a faites récemment en Espagne dans divers bassins lignitifères de la province de Teruel.

L'Espagne, dit-il, contient beaucoup de richesses minérales qui deviendront exploitables lorsque la sécurité intérieure aura été rendue à ce malheureux pays, et en présence de la pénurie actuelle des charbons, il est intéressant de signaler les gisements de combustible qu'il serait possible de mettre en valeur.

L'Espagne, malgré sa richesse en combustibles a toujours été tributaire des autres pays ; sa production, en 1869, a été :

Houilles :	Province d'Oviédo.....	397,000 tonnes.
	Province de Palencia.....	90,000 »
	Province de Cordoue.....	80,000 »
	Autres.....	13,000 »
Lignite :	Province de Barcelone.....	18,500 »
	Province de Guipuscoa.....	7,400 »
	Province de Teruel.....	4,300 »
	Provinces autres.....	9,000 »

Total..... 589,200 tonnes,

tandis que la consommation a été à peu près double.

M. Villot a exploré divers bassins dans la province de Teruel, aux environs de la ville de Montalban, située à 110 kilomètres de Sarra-gosse, sur le Rio Martin, affluent de l'Ebre ; ce sont les bassins de Gargallo, Ariño, Utrillas.

Les lignites y appartiennent aux formations crétacées, à l'étage des grès verts, lequel y prend un développement considérable.

Sans vouloir préciser les divers sous-étages dans lesquels on peut diviser naturellement l'ensemble des couches géologiques de la contrée parcourue, on peut, au point de vue purement minier, les partager ainsi : des calcaires compactes et appartenant aux terrains jurassique et crétacé inférieur, jusques et y compris le néocomien, calcaire A. ; au-dessus, des calcaires marneux et des grès à lignites, paquet de couches B.

Puis l'ensemble C qui contient des grès, des argiles et des sables bariolés à lignites.

Enfin, un autre ensemble de calcaires très solides D, constituant de très hautes chaînes, notamment la chaîne de Saint-Just y Pastor qui repose sur C.

Le bassin de Gargallo qui présente de nombreux affleurements sur un espace étendu, est compris dans la division C des argiles et sables bariolés. Les villages sont à environ 1,000 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Les affleurements des couches de charbon se développent au nombre de quatre à cinq sur environ 12 kilomètres avec une épaisseur moyenne utile de trois mètres, ce qui donne 36 millions de mètres cubes, ou 50 millions de tonnes.

M. Villot estime qu'on peut sans exagération évaluer à 25 millions de tonnes la quantité exploitable en descendant dans les couches d'un kilomètre seulement suivant la pente.

La qualité est médiocre et se rapproche beaucoup de celle d'un lignite exploité en France dans le même terrain géologique, le lignite de Mondragon (Vaucluse).

Du bassin d'Utrillas on pourrait extraire 54 millions de tonnes ; la qualité, sensiblement meilleure qu'à Gargallo, rapproche Utrillas du bon Fuveau.

Les rapports des ingénieurs espagnols contiennent des estimations beaucoup plus larges : ils parlent de 215 millions, ou même de 2 milliards pour les deux bassins.

Comme composition, on a voulu comparer ces charbons aux charbons anglais ; M. Villot a trouvé comme composition moyenne :

	Gargallo.	Utrillas.
Carbone fixe.....	0,413	0,506
Cendres.....	0,090	0,031
Matières volatiles	0,498	0,463
Pouvoir calorifique....	0,566	0,680

Ces charbons donnent en vase clos un charbon pulvérulent, et non pas du coke, ainsi qu'on l'avait avancé ; dans les couches infé-

rieures se trouve du jayet qui donne un coke hoursoufflé, ce qui peut expliquer l'erreur répandue à ce sujet.

Les charbons de Gargallo sont friables et non transportables, ceux d'Utrillas sont plus durs et pourraient seuls être transportés autrement qu'en menus.

L'exploitation serait plus facile dans l'étage B que dans l'étage C, qui est trop perméable et aquifère et dans lequel les couches de lignite n'auraient probablement que de très mauvais toits.

Sur place, on pourrait établir des verreries et des fabriques d'alun et de ciments, mais il faudrait chercher ailleurs des débouchés.

Pour amener les charbons d'Utrillas à la mer, il faudrait, en ligne directe, un chemin de fer de 140 kilomètres avec une pente totale de 1,000 mètres et la traversée de hautes montagnes ; il serait préférable de relier les gîtes par un chemin de fer de 80 à 90 kilomètres avec l'Ebre en un point où il devient navigable pour des navires de 150 à 200 tonneaux (Caspe).

Une solution semblable a déjà été adoptée pour une petite mine de lignite plus rapprochée de la mer, qu'on exploite sur la rive gauche de l'Ebre à quelques kilomètres de ce fleuve, à la Granja.

A Barcelone, ces charbons pourraient concurrencer les houilles anglaises ; mais ils peuvent être battus par les provenances de bassins mieux placés ou meilleurs en qualité en Espagne, comme le bassin de San Juan las Abadesas qui est à 100 kilomètres de Barcelone environ, avec plus de la moitié de chemins de fer déjà construits.

M. Biver remercie M. Villot de cette intéressante communication qui sera insérée *in extenso* au *Bulletin*.

Le secrétaire annonce l'envoi par M. Richaud d'une note sur l'architecture industrielle, qui trouvera sa place au *Bulletin*.

M. Ternant, directeur de l'Eastern telegraph Company, prié de donner quelques détails sur la pose récente d'un câble de Marseille à Barcelone, explique comment le câble, après avoir été revêtu de son enveloppe protectrice de fils d'acier et de filin goudronné, est aménagé aux usines de Woolwich, dans des cuves remplies d'eau, où il forme un circuit complet qui permet à chaque instant de l'éprouver électriquement pour connaître son degré d'isolement.

Des navires d'un fort tonnage viennent prendre le câble directement au sortir des cuves sans interrompre l'épreuve électrique.

Le câble y est enroulé par couches horizontales dans des cuves pleines d'eau autour d'un cône vertical en bois. Au déroulement, on le fait toujours passer par le centre de la cuve, et de là il va à l'ap-

pareil d'émission combiné pour ralentir au moyen de frictions la vitesse d'immersion.

M. Ternant décrit rapidement l'appareil d'émission du *great Eastern* et celui du *Dacia* qui a posé le câble de Barcelone.

Le câble côtier, posé à la plage du Prado, entre dans le lit de l'Huveaune, traverse le Prado en tranchée et suit l'égoût de la rue Paradis parallèlement aux câbles déjà existants de Bône et d'Alger.

Sur la demande du colonel Lewal, M. Ternant donne quelques explications sur la méthode employée pour reconnaître l'emplacement d'une faute ou altération du câble, au moyen du coefficient en unités siemens, qui est appliqué à chaque câble lors de sa mise en action.

La Société a reçu membres fondateurs : Messieurs R. de Saint-Foix, Cadiat, H. Petin.

Séance mensuelle du 21 Mai 1874.

Présidence de M. VILLOT.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, lequel est adopté.

M. Marquisan, expose la première partie d'un travail de recherches sur l'état actuel des connaissances relatives à l'anthracène et à l'alizarine artificielle. La première partie comprend l'histoire de l'aniline, la naphthaline, puis de l'anthracène. La seconde comprendra celle des dérivés de l'anthracène et notamment l'alizarine.

La découverte de l'alizarine artificielle et de sa préparation due non au hasard, mais aux patientes recherches de Grœbe et Liebermann, a porté à l'industrie de la racine de garance un coup funeste dont les effets se sont déjà fait sentir et deviennent chaque année plus considérables. M. le professeur Kekulé, dans une conférence faite à Cologne, au commencement de cette année, évalue qu'en 1876, l'alizarine artificielle aura complètement remplacé la garance.

La benzine, la naphthaline, et l'anthracène sont les plus intéressants des carbures d'hydrogène extraits des goudrons de houille. L'analogie frappante de ces trois corps entre eux et de la manière dont ils se

comportent, en présence du chlore, du brome, de l'oxygène, ainsi que l'analogie des dérivés chlorés, bromés, oxygénés des mêmes corps, a mis Grøbe et Liebermann sur la voie de leur découverte.

La benzine obtenue industriellement par le traitement des huiles légères qui se produisent au commencement de la distillation du goudron de houille, est la base des couleurs d'aniline, ainsi que les dérivés alcooliques de la benzine qui se rencontrent en mélange dans les mêmes huiles. La nitro-benzine que l'on a obtenue par l'action de l'acide azotique sur la benzine, donne elle-même, sous l'action de corps réducteurs, l'aniline. En soumettant l'aniline aux agents réducteurs, Perkins, en 1857, obtint un précipité noir duquel fut extraite cette matière colorante violette, qui a fait une révolution dans l'art de la teinture et de l'impression.

La benzine est l'hydrure du radical phényle C^6H^5 , dont le phénol ou acide phénique est l'hydrate. L'acide picrique, dont les propriétés tinctoriales étaient connues antérieurement, est aussi un dérivé du phénol ou un acide triniophénique.

La naphthaline obtenue dans toutes les opérations où les matières organiques sont portées au rouge, s'obtient constamment, lorsque les trois corps benzine, éthylène et acétylène, sont en contact à haute température. Elle a donné lieu à des applications industrielles moins heureuses que la benzine, mais ce qui la distingue c'est son analogie avec ce dernier corps. Cette analogie est rendue frappante par l'étude de la constitution moléculaire de ces corps. La molécule de benzine étant, d'après Kékulé, formée d'un anneau de 6 atomes de carbone dont chacun est réuni à un atome d'hydrogène, la molécule de naphthaline, d'après Erlenmeyer et Grøbe, renferme deux anneaux benzéniques ayant deux atomes de carbone communs et l'anthracène, d'après Grøbe et Liebermann, est formé par la réunion de trois de ces anneaux. L'action de l'acide nitrique et des corps réducteurs sur la naphthaline a donné des dérivés de la naphthaline analogues à ceux obtenus par les mêmes procédés sur la benzine. Mais les dérivés de la naphthaline ont reçu peu d'application industrielle.

Roussin découvrit, en 1861, une matière colorante dérivée de la naphthaline qu'il prit pour l'alizarine artificielle, s'appuyant sur une croyance erronée qui a eu cours longtemps, et qui attribuait à l'alizarine la composition de l'oxynaphtoquinone $C^{10}H^6O^3$. L'émotion produite par la découverte de Roussin fut vite dissipée après des expériences où le nouveau produit disparut dans le bain de savon bouillant.

Plus tard, en 1871, Liebermann prouva que la naphhtazarine n'était

autre que la bioxynaphtoquinone c'est-à-dire l'analogue dans la série naphthalique de ce qu'est l'alizarine dans la série anthracénique. Les quinones, qui sont des produits d'oxydation des carbures que nous considérons, offrent généralement des réactions colorées.

Les corps ont pour formule générale $C^*H^*(O^*)^n$, O^* étant un groupe diatonique. Substituant dans cette formule deux hydroxyles à deux atomes, on obtient la formule $C^*H^{*2}(OH)^2(O)^2$ qui est la série où se placera la naphazarine de Roussin, et l'alizarine. Tel est le point de départ du procédé de fabrication de l'alizarine.

C'est en 1868, que Grabe et Liebermann, en réduisant de l'alizarine naturelle, obtinrent des cristaux d'anthracène. L'anthracène jusque là très rare et très cher attira alors l'attention.

Dumas et Laurent en 1832, Fritsch en 1857, Anderson en 1862, signalèrent des composés hydrocarbonés qui étaient des dérivés de l'anthracène. En 1867, Limpricht fit la synthèse de l'anthracène. En 1866, Berthelot opéra cette même synthèse, et partant de l'acétylène et de quelques principes simples. La théorie de l'acétylène permet d'expliquer la parenté de la benzine, de la naphthaline et de l'anthracène.

D'après Berthelot, l'anthracène s'obtient par la mise en présence au rouge de la benzine et du styrolène ou par la décomposition du toluène au rouge.

Cette assertion reçut plus tard la confirmation de l'expérience. L'anthracène s'obtient en soumettant à une nouvelle distillation les produits de la distillation du goudron, de houille recueillis entre 340° et 380° . Pour le purifier on le fait cristalliser plusieurs fois dans la benzine puis dans l'alcool, ou bien dans un mélange de benzine et d'acide picrique, puis dans l'alcool. Les cristaux sont alors pressés et sublimés à basse température. Schuber a indiqué un procédé plus industriel, il consiste, au moment où la distillation de l'anthracène commence à entraîner les vapeurs, par un courant d'air ou de vapeur d'eau, dans un récipient où on recueille une poudre jaunâtre, qui est alors purifiée comme il est dit plus haut.

Cette coloration jaune due à un corps étranger nommé chrysogène, est enlevée par sublimation à basse température puis lavage à l'éther ou exposition au soleil de la dissolution dans la benzine bouillante.

La fabrication de l'alizarine n'exige pas l'emploi d'anthracène parfaitement pur, il y a cependant avantage à opérer sur le carbure dans le plus grand état de pureté possible. D'après Kopp et Boley, le goudron de houille étant en distillation, on recueille par tonne de

houille 200 litres d'huiles lourdes ou 300 suivant que l'on veut ou non pouvoir utiliser le brai gras. On soumet à une nouvelle distillation et on ne conserve que les produits ne donnant par refroidissement aucun dépôt cristallin de naphthaline, produits liquides et solides. Les liquides sont pressés, les solides, après avoir été soumis à une turbination sont pressés également. Les deux produits ainsi obtenus renferment environ 600/0 d'anthracène pur. Ils sont traités à l'ébullition par l'huile de goudron, puis turbinés et fondus de nouveau. On obtient ainsi un corps blanc verdâtre à cassure cristalline renfermant 95 0/0 d'anthracène.

Lorsqu'on ne craint pas de perdre le brai, Kopp, conseille de recueillir seulement 120 à 150 kilos d'huiles lourdes. Le brai gras, qui renferme presque tout l'anthracène, est alors placé dans une cornue à large section, le conduit d'échappement est également très large et plonge à son extrémité dans un réfrigérant.

Un tuyau permet de renouveler le brai au cours de l'opération. Un courant de vapeur surchauffée ou d'azote balaie la surface du liquide et entraîne les vapeurs dans le vase de condensation. Lorsqu'on voit apparaître les vapeurs rouges du chryzène, on arrête l'opération. Quelques fabricants opèrent dans des fours à mouffles la sole est recouverte d'une voûte ; à une extrémité, le foyer d'où les carneaux passent sous la sole ; à l'autre, une porte de déchargement en fonte qui peut être murée, et au-dessus un tuyau de sortie, au sommet de la voûte une ouverture de chargement, telle est la disposition. La distillation est poussée à sa dernière limite. On obtient comme résidu un coke excellent. L'anthracène ainsi produit est ensuite débarrassé des hydrocarbures qu'il renferme à 360° ou 380° par un courant de gaz inerte. On rectifie ensuite le produit par des procédés analogues à ceux déjà décrits. On le broie et on le livre en poudre aux fabricants d'alizarine. Il renferme une proportion variable d'anthracène pur.

Pour apprécier la richesse de l'anthracène commercial on le soumet à la presse entre des doubles de papier filtre, à une température du 40°, on dissout le résidu dans l'alcool bouillant, et après refroidissement on a l'anthracène presque pur. Un autre procédé d'essai est fondé sur ce fait, que l'anthracène dissous dans l'acide acétique et traité par 3 ou 4 fois son poids d'acide chromique, fournit 99,42 0/0 de la quantité théorique d'antraquinone. Ce mode d'essai est critiqué par quelques auteurs.

Quelques chiffres indiquent l'extension qu'a prise la fabrication de l'anthracène jusqu'à ce jour.

Vu l'heure peu avancée, M. le Président invite M. Dieulafait, à donner quelques détails sur les lignites du Var.

M. Dieulafait estime que la distinction entre le lias et le trias est une des meilleures preuves de théorie des étages géologiques. M. de Villeneuve, qui avait donné sur la position des lignites du Var certains détails, plaçant les lignites tantôt dans les lias, tantôt dans les trias, a reconnu plus tard son erreur, et est tombé d'accord avec M. Dieulafait, qui avait repris cette étude. Les lignites sont constamment situées entre le lias et le trias, à la partie supérieure de ce dernier et inférieurement à la zone à *Avicula contorta* : ce dernier trias surtout est constant. Ces dépôts ont été fournis par des forêts venues sur des points qui émergeaient de la mer géologique. Ainsi s'explique leur position. Il n'en est pas de même de la houille, dont les gisements, rompant la série normale des strates, sont les vestiges des forêts terrestres dont la formation est bien difficile à expliquer, M. Reynès, fait observer que la houille est quelquefois contemporaine du terrain houiller, ainsi que l'atteste la présence de certains fossiles. M. Dieulafait le reconnaît, mais ces faits, d'ailleurs isolés, ne donnent pas le moyen d'expliquer les gisements de houille. Il n'en est pas de même du bassin de Fuvcau, vestiges de végétations d'eau douce qui se formèrent dans les estuaires de la mer normale. Sur une nouvelle demande de M. le Président, M. Dieulafait dit que les lignites du Var, bons en qualité, à cause de leur assez grand pouvoir calorifique, sont au point de vue de l'exploitation des lentilles isolées sans valeur industrielle.

La Société a reçu membres fondateurs :

MM. Saige, ingénieur des ponts et chaussées.

Neri, ingénieur civil.

Crouzet, dentiste.

Serment, ingénieur de la canalisation du gaz.

Séance mensuelle du 11 Juin 1874.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance qui est adopté.

M. le docteur Reynès expose que tout système de classification qui permet de classer exactement les objets est la meilleure. Ce que ne

permettent ni les classifications naturelles ni les classifications basées sur les caractères physiques. Le docteur Reynès prend pour base de son système la composition chimique, ainsi tous les corps qui ont une même formule constante (ex. CO , CO^*), cristallisés ou amorphes, cristallisent dans un même système ou dans des systèmes différents (diamorphisme ou polymorphisme) sont considérés comme une même espèce minérale (ex. Spath d'Islande, Arragonite craie).

L'impossibilité de classer les corps amorphes, en prenant les caractères cristallins comme base d'un système, doit faire renoncer à ce mode de classification. Un autre objection non moins grave contre cette méthode, c'est qu'on ne peut classer d'aucune manière les corps passant d'un système cristallin à un autre, comme le soufre cristallisé à chaud et abandonné à lui-même. La dissociation des échantillons ayant même composition chimique (Arragonite, Spath d'Islande, Rutite, Anatase, Broochite) est aussi une objection des plus sérieuses.

Les espèces minérales sont réparties en famille ayant un élément commun (famille du soufre, du titane, du cuivre, de l'argent, etc.) Les métalloïdes et les composés métalloïdiques viennent en tête du système ; les corps plus ou moins acidifiables viennent après (famille de l'arsenic), antimoine, étain, titane, tungstène, chlore, fer, aluminium ; puis les métaux proprement dits, et, à la fin, les métaux alcalins.

Oxygène.	Etain.	Cadmium.	Platine.
Hydrogène.	Titane.	Nickel.	Palladium.
Azote.	Tantale.	Cobalt.	Yttrium.
Carbone.	Molybdène.	Cérium.	Magnésium.
Soufre.	Tungstène.	Urane.	Calcium.
Tellure.	Chrome.	Plomb.	Strontium.
Chlore.	Manganèse.	Bismuth.	Baryum.
Bore.	Fer.	Cuivre.	Ammoniaque.
Silicium.	Aluminium.	Mercure.	Sodium.
Arsenic.	Glucinium.	Osium.	Potassium.
Antimoine.	Zinc.	Argent.	

Appendices. Espèces à composition variable.

Dans tout composé de métalloïdes et de métaux ou d'acides et de bases, l'élément électro-positif sert à déterminer la famille dans laquelle il doit être distribué (ex. sulfure de cuivre, sulfate de cuivre, famille du cuivre ; sulfure de fer, sulfate de fer, famille du fer.

Corps complexes. — Il existe dans la nature des composés doubles,

sulfures doubles (sulfure d'antimoine et sulfure de cuivre, sulfure d'arsenic et sulfure de plomb, etc.)

Ici la même règle est appliquée ; c'est le sulfure alcalin qui l'emporte, c'est-à-dire que les composés cités plus haut viennent se ranger l'un, dans la famille du cuivre, l'autre dans la famille du plomb.

Les mêmes règles sont appliquées aux sels doubles (sulfate d'alumine et sulfate de potasse, famille de la potasse ; sulfate d'alumine et sulfate de cuivre, famille du cuivre).

Restent à ranger les composés à éléments variables (amphibole-tourmaline). Ces corps forment, dans ce mode de classification, une classe à part, et il est évident qu'ils ne peuvent se ranger dans les familles citées dans le tableau ci-dessus.

Cette méthode a l'immense avantage de grouper autour d'un même corps tous ses composés, et d'apprendre plus facilement à les connaître, étant donné un élément connu par la place occupée dans le système.

Après quelques observations de détail sur le classement des sels doubles, le Président remercie M. Reynès de cette intéressante communication.

M. Biver, qui s'est toujours occupé de machines d'épuisement, a cherché à se rendre compte de la voie dans laquelle devait se trouver le progrès.

Le problème est d'élever à de grandes hauteurs de grands volumes d'eau ; on a donc affaire à de fortes machines, tant pour les efforts produits que pour le volume occupé, et il est intéressant de se procurer du rendement.

Il existe trois moyens d'épuiser l'eau :

1° Employer un moteur, une transmission et des pompes ; cela entraîne de grandes déperditions par les transmissions ;

2° Employer un moteur rotatif attelé à une pompe rotative au moyen d'un arbre commun ; il y a toujours des décompositions de force qui donnent lieu à de grands frottements sur les coussinets ;

3° Transmettre directement l'effort d'un piston moteur à un piston pompe par une tige commune, ce qui supprime les articulations et les leviers, et ne conserve que les frottements des presse-étoupes.

C'est dans la deuxième classe qu'il faut classer les pompes Behrens ; suivant le moteur, la nouvelle pompe de Greindl appartient à la 1^{re} ou à la 2^{me} classe. Ces appareils nécessitent l'emploi d'engrenages et paraissent défectueux comme moteurs.

Dans la 3^{me} classe, le monopole a appartenu, pendant fort longtemps, aux machines de Cornouailles avec ou sans balancier ; mais il y a

actuellement une réaction en faveur des machines placées au fond des mines pour supprimer les longues tiges. Blanzv, en effet, après beaucoup d'essais, a établi une grande machine d'épuisement de 200 chevaux, refoulant à 300 mètres.

Cette machine demande beaucoup moins d'entretien qu'une machine de Cornouailles conduisant 5 à 6 pompes étagées.

On a renoncé à établir les chaudières au fond de la mine, on les a laissées au jour, mais le prix d'établissement a été très élevé.

D'autres constructeurs ont fait des machines plus directes encore en supprimant les volants et les bretelles. Comme la machine de Cameron, construite par Tangye, qui, aux mines de Fuveau, élève 3 mètres cubes d'eau par minute à 40 mètres. Comme aussi les pompes analogues de Hagward Tyler; celles de Selden et autres. M. Audemard, l'ingénieur de Blanzv, a regretté, dès l'abord, de ne pas avoir fait sa machine à détente et à condensation.

En Angleterre, on n'a pas craint de compliquer les machines dans le but de limiter la consommation de charbon et de diminuer les chaudières.

M. Davey a étudié des machines soi disant à détente, mais celles connues de lui jusqu'à présent détendent réellement peu et sont à très petite vitesse. MM. Field et Cotton construisent des machines d'épuisement genre Woulf. Elles possèdent un piston vapeur analogue à celui de Hagward Tyler, mais dont la capacité intérieure forme le cylindre à haute pression. Ces machines marchent encore assez lentement et, par suite, sont encombrantes.

On reconnaît facilement que la vitesse est une condition pratique essentielle de la détente; en effet :

Les machines de Cornouailles ont une vitesse maxima de	0 ^a ,900
» Cameron » » »	0 ^a ,600
» Davey » » »	0 ^a ,500
» Blanzv » » »	0 ^a ,660
Machine de compression des Docks » »	1 ^a ,120
Les machines marines Compound » » de 2 ^a à 2 ^a ,500	

M. Biver pense qu'il serait possible d'appliquer dans les mines des machines du système Compound. Il a même pensé à les appliquer à la compression de l'eau qui servirait de moteur à une machine à colonne d'eau placée au fond de la mine; cette idée a été appliquée en Angleterre.

Mais il considère comme une condition essentielle d'un bon rendement, d'atteler directement les pistons à eau sur la tige des pistons

vapeur, et de ne considérer les bulles et les volants que comme des organes régularisateurs.

M. d'Hauthuille fait observer qu'il a été reconnu que la détente maxima des machines de Cornouailles était de 3 fois, toutes celles qui détendaient au-delà se sont brisées, et on ne peut pas augmenter la vitesse à cause de l'équilibre des pièces.

Il ajoute que, avec une machine de Cornouailles à cylindres superposés, on pourrait réduire beaucoup les masses additionnelles et augmenter le nombre de coups, tout en ayant une vitesse plus uniforme.

Ouvrages reçus pendant le 2^o trimestre 1874 (Échanges)

- De l'Association Scientifique de France :
 - Les n^o 336 à 347 de son Bulletin ;
- de la Société d'Horticulture de Marseille :
 - Ses Bulletins d'avril, mai et juin 1874 ;
- de la Société des anciens élèves des Ecoles d'Arts-et-Métiers :
 - Son Bulletin d'avril 1874 ;
- de la Société des anciens élèves de l'Ecole Centrale :
 - Ses Bulletins d'avril, mai et juin 1874 ;
- de la Société des Ingénieurs civils de Paris :
 - Mémoires de juillet à décembre 1873, et de janvier à mars 1874, et ses Bulletins d'avril, mai et juin ;
- de la Société Industrielle d'Amiens ;
 - Ses Bulletins de janvier et mars 1874 ;
- de la Société de Géographie de Paris :
 - Ses Bulletins de mars et avril 1874 ;
- de la Société d'Agriculture des Bouches-du-Rhône :
 - Ses Bulletins de janvier à mai 1874 ;
- de la Société Industrielle de Lyon :
 - Annales de 1873 et de 1874 ;
- des Annales Industrielles de Paris :
 - Les livraisons du 2^o trimestre 1874 ;
- de la Revue maritime et coloniale :
 - Tableau de la population des Colonies pour 1870, et les Numéros d'avril à juin 1874 ;
- de la Revue Industrielle de Paris :
 - Ses n^o d'avril, mai et juin 1874 ;

de la Société française de photographie :

Ses Bulletins d'avril, mai et juin 1874 ;

de la Société centrale des Architectes de Paris :

Son Bulletin d'avril et mai 1874 ;

de la Société Industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne :

Son Bulletin de janvier 1874 ;

de la Société Industrielle de Reims :

Son Bulletin de 1874 ;

de la Société d'Études Scientifiques de Draguignan :

Ses Bulletins de 1872 et 1873 ;

de l'Union des Charbonnages de Liège :

Ses Bulletins d'avril, mai et juin 1874 ;

de la Société Industrielle de Mulhouse :

Ses Comptes-rendus d'avril, mai et juin 1874 ;

de la Société des Ingénieurs civils de Londres :

Bulletin de séance du 20 mars 1874 ;

de la Revue Universelle des Mines de Cuyper :

Les numéros de janvier, février, mars et avril 1874 ;

de la Society of Telegraph Engineers :

2 Bulletins de 1872, 2 Bulletins de 1873, et 1 de 1874 ;

des Annales du Génie civil :

Les numéros d'avril, mai et juin 1874 ;

de la Société Industrielle du nord de la France (à Lille) :

Ses Bulletins de juin et de décembre 1873 ;

de la Société Industrielle de Rouen :

Ses Bulletins d'août à décembre 1873, et de janvier à mars 1874.

Du 9 Avril 1874, Dons de :

M. ALBAN MALCOR, chef d'Escadron d'Artillerie.

- | | |
|---|------------|
| 1. Volume de l'armée homogène, unification des officiers. | } 3 bullet |
| 1. » l'armée d'hier et l'armée de demain | |
| 1. » principes et aperçus militaires..... | |

M. TERNANT.

- | | |
|---|------------|
| 1. Vol. transmission de Signaux par les câbles sous-marins. | } 2 bullet |
| 1. » la télégraphie Duplex..... | |

M. DÉSIRÉ MICHEL.

Album reproduisant le bassin de Radoub du port de Marseille, avec 43 dessins, et d'une notice explicative.

M. SAINT-JOANNIS.

1. Bulletin d'appareil à chauffer les vins ;

M. ALBERT THOMAS, ingénieur à Lille.

Dynamomètre indicateur de Watt, et la manière de s'en servir.

M. MASSIC, pharmacien principal à Marseille.

1. Note sur les huiles grasses, avec une méthode pour reconnaître facilement toute espèce d'huile.

M. LELOUTRE.

1. Mémoire des recherches expérimentales des machines à vapeur (1^{re} partie.)

1. Recherches analytiques sur les machines, chapitre 1^{er}.

Transmis par M. Biver, président.

37. Années 68 à 71 du Zeitschrift, des ingénieurs de Vienne.

M. PICCO, inspecteur des télégraphes italiens.

1. Traité élémentaire des mensurations électriques, par Latimer Clark.

M. EUG. LATTÈS.

1. Traité des distributions par tiroirs dans les machines à vapeur par G. Zeuner, professeur à l'école de Zurich.

M. BERNARDIN, conservateur du Musée à Melle-lez-Gand (Belgique).

1. Bulletin, visite à l'exposition de Vienne.

Etat nominatif des membres reçus pendant le 2^{me} trimestre 1874.

Fondateurs : MM. PÉTIN, Jules, ingénieur civil des mines.

» RÉNÉ de S^t FOIX *, agent de la compagnie générale des allumettes chimiques.

» CADIAT, ingénieur de la maison Peyruc, à Toulon.

» CROUZET, Violet, chirurgien-dentiste.

» SAIGE, *, ingénieur des Ponts-et-Chaussées.

» NERI, Henry, ingénieur civil.

» SERMENT, Frédéric, ingénieur du Gaz.

Associés : MM. MARTEL, Louis, entrepreneur à Cutro, près Cotrone, Calabre.

L'un des Secrétaires, gérant :

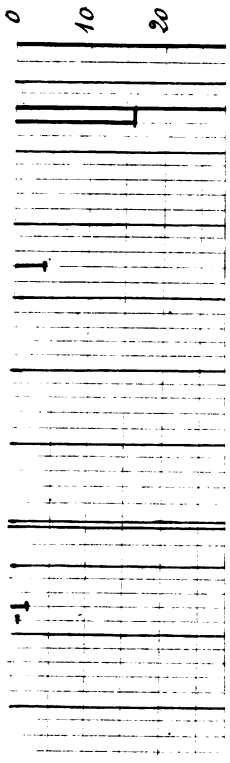
F. ROUFFIO.

le.

nummer 0.

85

58^{m.m.} 00



SUR

L'ÉQUIVALENT MÉCANIQUE DE LA CHALEUR

Par M. Jules VIOLLE,

Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble,

MEMBRE CORRESPONDANT.



Le principe de l'équivalence du travail et de la chaleur est dû à Mayer (1) ; Joule de son côté l'a formulé presque à la même époque (2) et l'on peut dire qu'une science nouvelle fut dès lors fondée. L'attention, en effet, se reporta aussitôt sur le principe énoncé vingt ans auparavant par Sadi Carnot (3) ; et bientôt le principe de Carnot, généralisé par Clausius (4), s'adjoignit au principe de Mayer pour constituer les bases de ce que l'on appelle la *théorie mécanique de la chaleur*.

Les deux principes fondamentaux posés par Mayer et Sadi Carnot ont singulièrement modifié les idées admises jusqu'alors sur la nature de la chaleur. Les conséquences qu'ont su en déduire Helmholtz, Clausius, Joule, William Thomson, Macquorn Rankine et Hirn furent à juste titre remarquées du monde savant ; quelques-unes même ont déjà amené dans la mécanique industrielle des réformes importantes. Mais le point essentiel de toute application des principes nouveaux est évidemment d'avoir une valeur exacte du coefficient numérique entrant dans le théorème de Mayer, c'est-à-dire de l'équivalent mécanique de la chaleur. On désigne, en effet, sous le nom d'équivalent mécanique de la chaleur, le nombre de kilogrammètres que produit une unité de chaleur intégralement transformée en travail, ou, ce qui revient au même, le nombre de kilogrammètres

(1) MAYER, *Die organische Bewegung und der Stoffwechsel* ; Heilbronn, 1845.

(2) *Philosophical Transactions*, p. 61 ; 1850.

(3) CARNOT, *Réflexions sur la puissance motrice du feu* ; 1824.

(4) *Poggendorff's Annalen*, t. XCIII, p. 481 ; 1854.

qu'il faut dépenser pour produire une unité de chaleur, en supposant que l'on réussisse à transformer intégralement le travail en chaleur. Les recherches entreprises pour déterminer ce nombre fondamental sont déjà nombreuses, surtout si l'on considère combien est encore rapprochée de nous l'époque où Mayer a, pour la première fois, formulé l'équivalence du travail et de la chaleur.

Ces recherches ont été faites à différents points de vue ; il est en effet évident, d'après la généralité même du principe, que par des voies bien diverses on peut également arriver à fixer la valeur numérique de l'équivalent mécanique de la chaleur ; et il ressort de cette heureuse possibilité un précieux moyen de contrôler les résultats individuellement obtenus par chaque expérimentateur. Je me propose dans cette première note de rappeler ces résultats et d'indiquer ceux qui me paraissent mériter le plus de confiance.

L'exemple le plus saillant peut-être de la transformation du travail en chaleur nous est fourni par le frottement. Dès 1798, le comte de Rumford, frappé de la chaleur énorme qui se dégage dans le forage des canons, avait institué à la fonderie royale de Munich une expérience restée célèbre : en utilisant la seule chaleur produite par le frottement d'une sorte de pilon contre le fond d'un cylindre creux de fer, il avait réussi, au bout de deux heures et demie, à faire bouillir une masse d'eau de plus de 10 litres (1). M. Joule a, le premier, mesuré exactement la chaleur dégagée par le frottement et l'a comparée au travail absorbé (1849) (2) ; ses expériences très nombreuses et très soignées ont porté sur l'eau, le mercure et la fonte de fer, et lui ont donné pour l'équivalent mécanique de la chaleur 424,9, comme moyenne d'un grand nombre de résultats bien concordants. La valeur ainsi déterminée coïncide presque avec celle que M. Joule lui-même avait déjà trouvée en 1843 en étudiant le frottement de l'eau dans les tubes étroits (3). Plus tard, M. Favre mesura, à l'aide de son appareil calorimétrique, la chaleur dégagée dans le frottement de l'acier contre lui-même et en déduisit 413 comme valeur de l'équivalent mécanique de la chaleur (4). Vers la même époque, M. Hirn publia aussi le résultat de recherches analogues (5) : le frottement des liquides lui avait donné 432 et l'écrasement du plomb,

(1) *Philosophical Transactions abridged*, t. XVIII, p. 286.

(2) *Philosophical Transactions*, p. 61 ; 1850.

(3) *Philosophical Magazine*, 3^{me} série, t. XXIII, p. 442 ; 1843.

(4) *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XLVI, p. 337 ; 1858.

(5) *HIRN, Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur*, p. 1 ; 1858.

425. On ne pourrait toutefois méconnaître que toutes les expériences sur le frottement présentent des difficultés presque insurmontables ; la mesure du travail est surtout délicate, car tout le travail dépensé n'est pas converti en chaleur : une portion plus ou moins notable se perd sous la forme de force vive sensible (trépidations, vibrations sonores), sans qu'il soit possible de l'évaluer. On ne doit donc pas être surpris des légères différences qu'offrent entre eux les nombres obtenus par cette méthode.

Si dans le frottement on voit un exemple très net de la transformation du travail en chaleur, la transformation inverse de la chaleur en travail apparaît avec plus d'évidence encore dans les machines thermiques et en particulier dans la machine à vapeur. M. Hirn a réussi à mesurer avec toute l'exactitude possible et la chaleur communiquée à la chaudière d'une machine à vapeur et le travail total fourni par cette machine (1). Ces expériences, faites sur les puissantes machines à vapeur d'une filature des environs de Colmar, ne pouvaient évidemment conduire à une valeur exacte de l'équivalent mécanique de la chaleur (M. Hirn a trouvé 398), mais elles ont eu une importance capitale dans l'établissement et dans la vulgarisation de la théorie actuelle de la chaleur.

La machine à vapeur n'est pas le seul moteur thermique qu'emploie l'industrie. Les machines électro-magnétiques aussi sont des machines thermiques, empruntant leur puissance à la chaleur dégagée par la dissolution du zinc dans chaque élément de la pile et transportée par le courant dans tout le circuit. Les expériences de M. Favre (2) ont prouvé de la manière la plus nette que c'est aux dépens d'une certaine quantité de cette chaleur que la machine magnéto-électrique donne naissance à un travail mécanique ; et, en mesurant ce travail ainsi que la déperdition de chaleur correspondante, M. Favre a trouvé une nouvelle valeur de l'équivalent mécanique de la chaleur, 443. Cette valeur ne doit pas différer beaucoup de la valeur exacte. On peut toutefois remarquer que ces mesures sont extrêmement délicates et que, dans l'expérience de M. Favre, l'équivalent cherché ayant pour expression le quotient de 131,4 : 0,296, le diviseur 0,296 étant lui-même la différence de deux quantités de chaleur mesurables à peine à 1 millième près, la différence peut parfaitement être erronée de 0^m,02 ; et il suffirait d'admettre cette erreur pour déduire des travaux de M. Favre le nombre 435. Il

(1) HIRN, *loc. cit.*, p. 20.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3^{de} série, t. XL, p. 293 ; 1854.

est même possible d'établir la valeur numérique de l'équivalent par la simple mesure de la chaleur dégagée dans un fil que traverse un courant électrique. En effet, d'après la loi de Joule (1), on sait que la chaleur dégagée par un courant est proportionnelle au produit du carré de l'intensité du courant par la résistance du circuit ; d'autre part, M. Clausius a montré que le coefficient de proportionnalité est précisément l'inverse de l'équivalent mécanique de la chaleur (3). Si donc on mesure à la fois la chaleur dégagée par un courant et l'intensité du courant ainsi que la résistance du circuit, on pourra facilement en déduire l'équivalent cherché. C'est ce qu'a fait M. de Quintus Icilius (2), en mettant surtout à profit les grands travaux de Weber (4) sur la mesure absolue des courants ; il a ainsi trouvé 392, valeur assez différente de la valeur probable ; mais la différence n'excède pas les limites d'incertitude que comportent le grand nombre d'éléments que l'on a dû déterminer et la difficulté de leur détermination.

Au lieu de tirer son origine de réactions chimiques s'accomplissant dans les éléments de pile, cette chaleur des courants électriques peut être elle-même une transformation directe de travail mécanique. C'est ce qui arrive lorsque, en dépensant un certain travail, on force un corps conducteur à se déplacer en présence d'un aimant ou d'un courant. L'échauffement qui se produit dans ces conditions a été mesuré par M. Joule, tout au début de la science nouvelle, sur un tube plein d'eau tournant entre les branches d'un électro-aimant (5). Telle est la méthode qui a conduit à la première détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur. Le nombre donné par M. Joule, 460, est même remarquablement approché ; mais les diverses valeurs dont ce nombre est la moyenne ne sont pas très-concordantes ; elles oscillent entre 322 et 572. Cela tient sans doute à ce que l'évaluation de la chaleur n'était pas faite d'une façon suffisamment exacte : la correction adoptée pour tenir compte du refroidissement est un peu incertaine ; en outre, ce qui est plus grave, la température de l'eau du tube était mesurée sur deux thermomètres plongeant aux deux extrémités du tube, et rien ne garantit que la température soit la même dans tous les points du liquide. Il est, au contraire, infiniment probable que,

(1) *Philosophical Magazine*, 3^{me} série, t. XIX, p. 260 ; 1841.

(2) *Poggendorff's Annalen*, t. LXXXVII, p. 415 ; 1852.

(3) *Poggendorff's Annalen*, t. CI, p. 69 ; 1857.

(4) WEBER, *Electrodynamische Maasbestimmungen* (*Mémoires de la Société royale Saxonne des Sciences*, Leipzig, t. v ; 1856).

(5) *Philosophical Magazine*, 3^{me} série, t. XXIII, p. 263, 347 et 435 ; 1843.

avec la vitesse constante de rotation, il s'établit un état stationnaire dans lequel la température varie régulièrement du centre aux extrémités. M. Le Roux a repris ces expériences en opérant sur les puissantes machines électro-magnétiques de la Compagnie *l'Alliance* (1), et il a trouvé pour l'équivalent mécanique de la chaleur les nombres 442, 462 et 470, dont la moyenne est 458 ; toutefois, la méthode qu'il a employée pour évaluer la chaleur est encore très-incertaine. Mais déjà Foucault avait donné à l'expérience de M. Joulé une forme remarquable, sous laquelle l'échauffement devient manifeste en très-peu de temps.

« Entre les pôles d'un fort électro-aimant, j'ai, dit Foucault (2), partiellement engagé le solide de révolution du *gyroscope*. Ce solide est un tore de bronze, relié par un pignon denté à un rouage moteur, et qui, sous l'action de la main armée d'une manivelle, peut ainsi prendre une vitesse de 150 à 200 tours par seconde. Pour rendre plus efficace l'action de l'aimant, 2 pièces de fer doux, surajoutées aux bobines, prolongent les pôles magnétiques et les concentrent au voisinage du corps tournant.

« Quand l'appareil est lancé à toute vitesse, le courant de 6 couples Bunsen, dirigé dans l'électro-aimant, éteint le mouvement en quelques secondes, comme si un frein invisible était appliqué au mobile : c'est l'expérience d'Arago (3), développée par M. Faraday. Mais si alors on pousse à la manivelle pour restituer à l'appareil le mouvement qu'il a perdu, la résistance qu'on éprouve oblige à fournir un certain travail dont l'équivalent reparait et s'accumule effectivement en chaleur à l'intérieur du corps tournant.

« Au moyen d'un thermomètre qui plonge dans la masse, on suit pas à pas l'élévation progressive de la température. Ayant pris, par exemple, l'appareil à la température ambiante de 16 degrés centigrades on vit le thermomètre monter successivement à 20, 25, 30 et 34 degrés, mais déjà le phénomène était assez développé pour ne plus réclamer l'emploi des instruments thermométriques. La chaleur produite était sensible à la main.

« Quelques jours après, la pile étant réduite à 2 couples, un disque plat, formé de cuivre rouge, s'est élevé, en deux minutes d'action, la température de 60 degrés. »

(1) *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XLV, p. 414 ; 1857.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3^{me} série, t. XLV, p. 316 ; 1855.

(3) *Annales de Chimie et de Physique*, 2^{me} série, t. XXIII, p. 213 ; 1826.

Cette expérience se prête admirablement à une mesure de l'équivalent mécanique de la chaleur. Deux conditions, en effet, sont nécessaires et suffisantes pour que la chaleur dégagée dans l'expérience soit l'équivalent exact du travail utile dépensé pour maintenir une rotation uniforme.

1° Il faut que le disque soit, à la fin, revenu au même état qu'au commencement ;

2° Il faut que l'échauffement du disque soit le seul effet produit.

Or, ces deux conditions sont satisfaites.

1° Considérons le commencement et la fin de l'expérience. A ces deux époques, le disque est rigoureusement dans les mêmes conditions physiques, excepté quant à sa température et aux effets qui en dépendent. Lors donc que, par l'immersion dans le liquide calorimétrique, ce disque sera ramené à la température initiale ou à une température en différant infiniment peu, il sera identiquement ce qu'il était avant l'opération ;

2° Que, pour le moment, on fasse abstraction de l'axe (dont l'influence peut être évaluée à part, sans difficulté), l'appareil se réduit à un disque tournant librement dans l'air, sans aucun frottement contre des corps extérieurs, si ce n'est le frottement contre l'air environnant, frottement insignifiant par suite de la grande mobilité de ce fluide et de la symétrie parfaite du corps en mouvement. Si donc on mesure le travail utile employé à entretenir ce mouvement, il semble tout d'abord certain que l'échauffement du disque est le seul phénomène correspondant à la dépense observée.

Cette proposition paraît, en effet, incontestable, quand on ne considère, comme nous venons de le faire, que les phénomènes qui s'offrent à nos regards : mouvement du disque entretenu à l'aide d'une dépense continue de travail, et échauffement graduel de ce même disque pendant toute la durée de la rotation. Mais si l'on examine de plus près les choses, une objection sérieuse se présente bientôt à l'esprit, objection que Joule s'est faite à lui-même, tout en la formulant d'une façon assez obscure, et par laquelle il s'est efforcé d'expliquer le singulier désaccord de ses expériences sur le sujet qui nous occupe. Nous avons, en effet, négligé jusqu'ici un phénomène intermédiaire : le mouvement ne se transforme en chaleur qu'à l'aide de l'électricité. L'action immédiate de l'électro-aimant sur le disque en mouvement est d'y développer, par induction, des courants électriques ; et ce sont ces courants qui échauffent le disque. Mais, s'il est vrai que le travail dépensé pour maintenir le disque en mouvement se retrouve tout entier sous la forme d'électricité, est-il certain

que toute cette électricité se transforme en chaleur ? Pour que cela soit, il faut que le seul effet produit par ces courants soit l'échauffement du disque, et si ces courants, enfermés dans le disque, ne peuvent causer ici ni phénomènes lumineux, ni phénomènes mécaniques perturbateurs, n'a-t-on pas à craindre qu'ils ne donnent naissance à des phénomènes d'induction, en créant, par influence, des courants électriques dans les deux masses polaires de l'électro-aimant ? Non, car j'ai reconnu par des expériences instituées à cet effet (1) que, dès que la vitesse du disque est devenue uniforme, il ne circule pas de courants d'induction dans les masses polaires de l'électro-aimant et que, par suite, il n'y a pas de réaction du disque sur l'électro-aimant. Ces résultats ont d'ailleurs été confirmés depuis par des expériences directes de M. Jacobi (2). La raison de ce fait me semble au surplus évidente : à chaque expérience, dès que le disque a atteint la vitesse uniforme que l'on maintient ensuite pendant toute la durée de la rotation, les courants électriques développés par induction dans ce disque conservent une intensité constante et gardent dans l'espace une position invariable. On peut donc considérer ces courants, sur la forme et la distribution desquels nous ne préjugeons rien d'ailleurs, comme absolument fixes aussitôt que l'équilibre est obtenu, et c'est le déplacement de la matière du disque, par rapport à ces courants, qui détermine l'échauffement observé. Mais si les courants ne changent ni d'intensité, ni de position, il ne doit y avoir aucun effet d'induction produit sur les masses conductrices extérieures, ainsi que l'expérience me l'a montré.

J'ai donc cru pouvoir employer utilement l'appareil de Foucault à la mesure de l'équivalent mécanique de la chaleur (3) et j'ai ainsi trouvé, en employant des disques de métaux différents 435,2 avec le cuivre, 435,8 avec l'étain, 437,4 avec le plomb, 434,9 avec l'aluminium. Les expériences effectuées avec les disques de cuivre et d'aluminium m'inspirent plus de confiance et j'ai proposé 435 pour l'équivalent mécanique de la chaleur.

L'exactitude de ce nombre a été confirmée par des travaux très importants, faits d'après une méthode complètement différente. Des propriétés générales des gaz on peut, en effet, déduire la valeur de

(1) *Annales de Chimie et de Physique* (septembre 1870.)

(2) *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Sciences* (janvier 1872.)

(3) *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Sciences* (juin et juillet 1870.)

l'équivalent mécanique de la chaleur, au moyen de la formule connue

$$E = \frac{\alpha p_0 v_0}{c - c'}.$$

M. Regnault a fait connaître exactement la densité, le coefficient de dilatation et la chaleur spécifique sous pression constante pour l'air, l'hydrogène et l'acide carbonique ; enfin, l'incertitude qui a si longtemps existé sur les valeurs de c , vient aussi de disparaître, grâce encore à M. Regnault qui, par l'étude de la propagation du son dans les gaz, a trouvé pour $m = \frac{C}{c}$ la valeur 1,3945.

Je ne puis décrire ici les procédés expérimentaux employés par M. Regnault dans son travail gigantesque sur la propagation du son dans les gaz (1) et qui l'ont conduit à cette détermination de m . Je me contenterai d'en indiquer les résultats d'après un résumé publié par l'auteur lui-même :

« D'après la formule de Laplace, la vitesse de propagation d'une onde sonore est la même, quelle que soit l'intensité de l'onde ; mais d'après la formule théorique complète, cette vitesse doit être d'autant plus grande que l'intensité de l'onde est plus considérable. Or, l'expérience montre que dans une conduite cylindrique, telle que les conduites à gaz ou à eau, l'intensité de l'onde ne reste pas constante, mais qu'elle diminue successivement et d'autant plus rapidement que le tuyau a une section plus petite. La vitesse de propagation d'une onde doit donc diminuer continuellement à mesure qu'elle se propage et la diminution sera d'autant plus rapide que le tuyau aura une plus petite section. C'est, en effet, ce qui se présente dans toutes les expériences de M. Regnault. Je ne rapporterai ici que les vitesses moyenne d'une onde produite par un coup de pistolet, qui se propage dans l'air sec et à zéro et qu'on suit depuis son départ jusqu'au moment où elle n'a plus assez d'intensité pour faire marcher les membranes destinées à accuser son passage. Les expériences ont été faites : 1° sur la conduite à gaz d'Ivry, dont la section intérieure est de 0^m,108 et la longueur de 566^m,7 ; 2° sur la conduite du diamètre de 0^m,30 et de la longueur de 1905^m, de la route militaire ; 3° enfin sur la grande

(1) *Mémoires de l'Institut* (Académie des Sciences). t. XLVII, 1871.

conduite de 1^m,10 de diamètre et 1590^m de longueur, de l'égout du boulevard Saint-Michel.

1° Dans la conduite de 0^m,108, la diminution de la vitesse moyenne d'une même onde, comptée depuis son départ, mais que l'on prend successivement sur un parcours de plus en plus long, en profitant des réflexions aux deux bouts du tuyau, est très-nettement marquée. 2° Les vitesses moyennes, pour des ondes produites avec une même charge de poudre et pour des parcours égaux, sont beaucoup plus grandes sur la conduite de 0^m,300 que sur celle de 0^m,108. 3° La vitesse moyenne de propagation sur la conduite du diamètre de 1^m,10 diminue moins vite que sur celle du diamètre de 0^m,30.

Les différences sont encore plus marquées quand nous comparons sur les 3 conduites, les vitesses moyennes limites, c'est-à-dire celles qui correspondent à l'onde assez affaiblie depuis son départ pour ne plus marquer sur les membranes. On trouve, en effet, pour ces vitesses :

326 ^m ,66	sur la conduite de	0 ^m ,108,	le chemin total parcouru étant	4055 ^m ,9
328 ^m ,98	»	0 ^m ,300,	»	15240 ^m ,0
330 ^m ,52	»	1 ^m ,100,	»	19851 ^m ,3

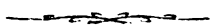
Dans ces expériences, l'onde a été produite par la même charge de poudre; les membranes sont restées les mêmes, elles ont, par conséquent, cessé de marquer dans les trois conduites, lorsque l'onde est arrivée à la même faiblesse. Si donc l'affaiblissement de l'onde ne provenait que de la perte de force vive qui se fait à travers la paroi du tuyau, la vitesse moyenne limite devrait être la même dans les 3 conduites, puisque l'onde a la même intensité au départ et la même intensité également au moment où elle donne sa dernière marque sur la membrane. Ces vitesses limites étant, au contraire, très-différentes, il faut en conclure que les parois du tuyau exercent encore sur l'air intérieur une autre action que celle que nous venons d'indiquer, action qui diminuerait notablement son élasticité sans changer sensiblement sa densité. Pour que cette action des parois sur l'élasticité du milieu gazeux fut absolument nulle, il faudrait que le diamètre du tuyau fût infini. Mais elle doit déjà être très-petite dans les grosses conduites de 1^m,10 et l'on peut dire que la vitesse moyenne de propagation, dans l'air sec et à zéro, d'une onde produite par un coup de pistolet, et comptée depuis la bouche de l'arme jusqu'au moment où elle s'est tellement affaiblie qu'elle ne fait plus marcher les membranes les plus sensibles, est 330^m,6.

Des expériences faites par M. Regnault au camp de Satory pour déterminer la vitesse de propagation des ondes dans l'air libre par l'ancienne méthode de coups de canon réciproques, lui ont donné pour la vitesse moyenne de l'onde sonore dans l'air libre, sec et à zéro, 330^m,7, nombre qui coïncide presque avec le précédent.

Sans insister sur l'importance immédiate de ces résultats, je ne m'occuperai ici que de leur utilité pour la question qui nous occupe. C'est qu'en effet la formule théorique de la vitesse du son dans les gaz permet, cette vitesse une fois connue, de calculer le rapport $\frac{C}{c}$ que l'expérience ne peut atteindre directement et nous met à même par suite de calculer E. Le calcul donne, en utilisant toutes ces données dues à M. Regnault, $E = 436,08$.

Si l'on rapproche de ce nombre celui, 435, que j'ai obtenu par un procédé complètement différent et celui, 431, que M. Edlund (1) avait déduit antérieurement de la mesure des effets calorifiques qui se produisent pendant le changement de volume des métaux, on sera convaincu que le nombre généralement adopté, 425, est trop faible et qu'il faut y substituer 435 kgm.

(1) *Poggendorff's annalen*, t. CXXXVI, 1865



L'ANTHRACÈNE

ET L'ALIZARINE ARTIFICIELLE

d'après des publications récentes (1)

Par M. MARQUISAN

Ingénieur, Secrétaire de la Compagnie du Gaz et des Hauts-Fourneaux.

La découverte de l'alizarine artificielle doit être mise au premier rang, à côté de celle du rouge d'aniline, parmi les applications si nombreuses de la chimie pure qui ont, depuis quelques années, enrichi l'industrie tinctoriale. Elle n'est point due, comme d'autres inventions, à l'effet du hasard, ni à l'observation de phénomènes imprévus. C'est après de longues et laborieuses recherches entreprises et exécutées avec une intelligence profonde des réactions chimiques, que Grœbe et Liebermann sont parvenus à préparer, par des procédés artificiels, le pigment de la racine de garance, en partant de l'anthracène, carbure contenu dans le goudron de houille. Si cette découverte, en affirmant une fois de plus les ressources de la science, qui a déjà reproduit par voie de synthèse un grand nombre des corps que l'on rencontre dans la nature organisée, spécialement dans les plantes tinctoriales ; si les travaux remarquables qui l'ont amenée, basés sur les nouvelles méthodes de chimie, présentent, au point de vue théorique, un intérêt des plus vifs, l'intérêt pratique qui s'y attache est bien plus grand encore.

De l'heureuse solution d'un problème scientifique a déjà surgi en Angleterre et en Allemagne une fabrication importante qui menace ,

(1) SOURCES PRINCIPALES : Das Anthracen und seine Derivate. Auerbach, Berlin 1873. — Kopp Bolley. *Traité des matières colorantes artificielles*. — Girard et de Laire. *Traité des dérivés de la houille*. — Schützenberger. *Traité des matières colorantes*. — Château : *Couleurs d'aniline, d'acide phénique et de naphthaline*. — Berthelot. *Bulletins de la Société Chimique de Paris* ; années 1867, 1868, etc., etc. — Wurth. *Dictionnaire de chimie*. — Guerhardt. *Traité de chimie organique*. — *Moniteur scientifique*. — *Bulletin de la Société Chimique de Paris*, etc., etc.

de la manière la plus sérieuse, l'exploitation agricole et l'industrie de la garance, culture et industrie essentiellement françaises, source de prospérité pour le département de Vaucluse, dont la production en garance égale presque celle des autres pays réunis.

Malgré la faible teneur du goudron de houille en anthracène (1/2 % d'après Kékulé); malgré les difficultés de manipulation qui ont, pendant longtemps, fait mettre en doute la réussite du procédé, et rendent encore aujourd'hui la préparation de la matière très délicate et très aléatoire, même entre les mains d'un opérateur habile, en dépit des obstacles que trouve toute nouvelle invention à son début, au bout d'une année, l'alizarine artificielle avait franchi les premiers pas pour devenir un article de consommation.

Depuis lors, cette industrie a pris une extension considérable. Voici quelques renseignements empruntés au compte-rendu d'une conférence faite au commencement de cette année, à Cologne, par M. le professeur Kékulé :

Les usines de Meister-Lucius, de la Société badoise, à Ludwigs-hafen, de Gessert à Elberfeld, Barmen et quelques autres établissements de moindre importance, ont fabriqué ensemble en 1873 900,000 kil. de pâte d'alizarine à 10 % de produit pur, représentant 3 millions de thalers (11,250,000 fr.)

Au début de 1874, la production totale mensuelle s'élevait à 200,000 kilogr., d'une valeur de 600,000 thalers (2,250,000 fr.)

Par ce fait, un tiers de la garance est remplacé, dès à présent, par l'alizarine artificielle. A la fin de l'année courante, la production aura atteint le chiffre de 6 à 7 millions de thalers; en 1875, 12 millions; en 1876, au plus tard, ajoute Kékulé, l'alizarine suffira pour les besoins de la teinture et de l'impression.

Tout en croyant que l'avenir ne confirmera pas une prophétie aussi grave et que l'industrie menacée trouvera, dans des procédés perfectionnés de culture et de traitement de la racine, spécialement dans la préparation économique des extraits d'alizarine, les moyens de conjurer le danger, on voit néanmoins qu'il s'agit pour elle d'une question vitale.

L'actualité de cette question nous a engagé à résumer ce qui a paru dans les derniers ouvrages spéciaux publiés. C'est cet ensemble de renseignements que nous présentons à la Société.

Nous diviserons ce sujet en deux parties.

Aujourd'hui, après un retour indispensable sur les couleurs d'aniline et de naphthaline, nous ferons l'histoire de l'anthracène.

Dans une prochaine conférence, nous parlerons des dérivés de l'anthracène et surtout de l'alizarine.

Parmi les carbures d'hydrogène si nombreux qui composent les produits de distillation du goudron de houille et dont la loi de formation est encore inconnue, nous en trouvons trois spécialement intéressants au point de vue des matières colorantes artificielles : la benzine, la naphthaline et l'anthracène.

Ces trois carbures non saturés, présentant une analogie frappante dans leur constitution moléculaire, dans leurs propriétés physiques et chimiques, peuvent être regardés comme formant une série ascendante qui se rattache à la série générale dite aromatique, par la benzine, son premier terme ; chacun des termes se distingue du précédent par le résidu C^4H^2 .

		Point d'ébullition.	Différence.	Point de fusion.
Benzine (1)	C^6H^6	86°		6
Naphtaline	$C^{10}H^8$	220°	134°	79
Anthracène	$C^{14}H^{10}$	360°	140°	213

Le chrysène $C^{18}H^{12}$ tiendrait, sans doute, le quatrième rang.

La complication croissante de la molécule explique l'augmentation parallèle dans le nombre des produits dérivés de ces carbures, la multiplicité des cas d'isomérisie qu'ils présentent, et aussi les difficultés des recherches à ce sujet. En revanche, l'analogie qui se poursuit entre les dérivés chlorés, bromés, entre les dérivés d'oxydation caractéristiques de cette série, a été d'un puissant secours pour les chimistes. C'est l'analogie existant entre l'alizarine, l'acide chloranilique ou quinone perchlorée, l'acide chloroxynaphtalique ou naphthoquinone chlorée, qui a éclairé Grœbe et Liebermann sur la véritable constitution de l'alizarine.

La benzine obtenue, en 1835, par Mitscherlich en distillant l'acide benzoïque avec de la chaux, est la base des couleurs dites d'aniline, les premières matières tinctoriales fabriquées en partant du goudron de houille. On sait qu'on la retire industriellement des huiles légères qui passent au commencement de la distillation. Elle s'y rencontre accompagnée de ses homologues supérieurs toluène, xylène, cumène,

(1) Nous avons suivi la notation atomique presque partout adoptée aujourd'hui. Pour passer des formules atomiques aux formules en équivalents, il suffira de dédoubler les symboles du carbone, de l'oxygène, du soufre.

C = 12

O = 16

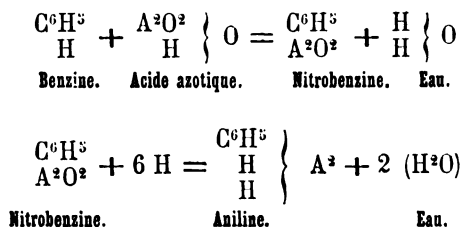
S = 32

dont les formules nous représentent la benzine elle-même où les radicaux alcooliques se sont substitués à l'hydrogène.

Toluène ou méthylbenzine... C^7H^8 $C^6H^5 (CH^3)$
 Xylène ou diméthylbenzine . C^8H^{10} $C^6H^4 (CH^3) (CH^3)$
 Cumène ou triméthylbenzine. C^9H^{12} $C^6H^3 (CH^3) (CH^3) (CH^3)$

Tous ces homologues offrent les propriétés de la benzine et sont entrés dans la fabrication des couleurs d'aniline.

Si l'on soumet la benzine à l'action de l'acide azotique concentré, on a la nitrobenzine qui, à son tour, sous l'influence des corps réducteurs, sulfhydrate d'ammoniaque, zinc et acide chlorhydrique, fer et acide acétique, engendre l'aniline.



Telles sont, dans une simplicité toute théorique, les formules qui expliquent la formation de l'aniline, véritable base organique qu'Unverdorben, en 1827, avait isolée en distillant l'indigo et dont Runge, en 1834, signala l'existence dans l'huile de houille.

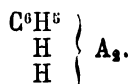
C'est en soumettant l'aniline à des agents réducteurs pour la transformer en acide quinique que W. Perkin, en 1857, parvint à extraire d'un précipité noir, peu intéressant au premier aspect, une matière colorante violette, belle, solide et d'un prix abordable, se fixant sans mordant sur les étoffes de soie et de laine.

Cette découverte produisit une immense sensation. L'on vit dès lors les chimistes et les industriels étudier avec ardeur les sels d'aniline et les bases homologues, et, mettant en œuvre les méthodes de transformation les plus variées, engendrer par des procédés, les uns expliqués scientifiquement, les autres encore obscurs, ces couleurs en nombre infini, dont la fabrication, créée avec une rapidité sans exemple, a constitué une branche d'industrie si prospère.

Si la vogue dont ces couleurs (rouge de fuchsine, violet de mauvaniline, bleu lumière, vert lumière, solférino, magenta) ont joui pendant quelques années, était bien méritée par un éclat et par un bril-

lant jusqu'alors inconnus, par un bon marché très-appréciab(1), on a pu reprocher à quelques-unes d'entre elles de manquer de solidité et d'attaquer la fibre. Aussi, depuis 1867, leur importance commerciale a diminué et les noirs d'aniline, se fixant directement sur le tissu végétal, pour lequel ils montrent une affinité particulière, en sont restés la principale application.

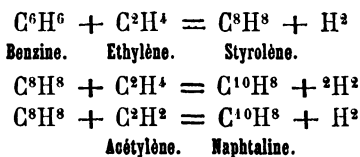
Si l'on considère la benzine comme l'hydrure du radical phényle $C^6H^5.H$, l'aniline est la phénylamine, ammoniacale composée, où ce même radical se substitue à l'hydrogène



De même, en partant de la formule typique de l'eau $\left. \begin{array}{c} H \\ H \end{array} \right\} O$, l'acide phénique ou phénol sera l'hydrate de phényle $\left. \begin{array}{c} C^6H^5 \\ H \end{array} \right\} O$ ou $C^6H^5.HO$, qui communique à ce corps et à ses dérivés la fonction colorante.

Bien avant la découverte des couleurs d'aniline, l'on connaissait les propriétés tinctoriales si puissantes de l'acide phénique ou trinitrophénique $C^6H^3(A^2O^2)^3O$. Le phénol a été depuis l'objet de nombreux travaux, qui ont abouti à des résultats pratiques importants pour la teinture.

La naphthaline se rencontre constamment dans toutes les opérations effectuées au rouge sur les matières organiques, et l'on sait que c'est un produit très gênant de la fabrication du gaz d'éclairage. Berthelot a fait voir qu'elle prend naissance toutes les fois que la benzine, l'éthylène et l'acétylène se trouvent en contact à une température élevée.



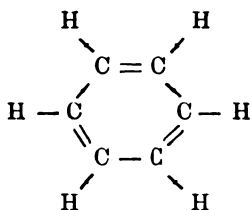
Comme la benzine, elle a donné lieu à des travaux scientifiques très-multipliés. Bien que ses applications industrielles aient été très restreintes, et que son étude, à ce point de vue, méritât d'être reprise, elle doit fixer notre attention ; car elle a été le point de départ des recherches sur l'alizarine artificielle.

(1) Le prix de l'aniline était de 50 fr. le kilogramme en 1859, et en 1867, de 4 fr.

Il existe entre les dérivés de la série naphthalique et ceux de la série phénylique une analogie étroite qui sera mieux mise en évidence par des formules de constitution empruntées à des théories récentes.

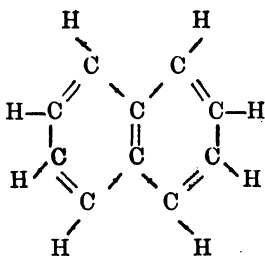
On sait que Guerhardt, dont les vues ont été si neuves et si hardies, avait pourtant restreint le champ de l'investigation scientifique à l'étude des combinaisons des molécules entre elles, lui interdisant de pénétrer la structure intime de la molécule, c'est-à-dire la disposition relative des atomes qui la composent; la molécule étant la plus petite quantité d'un corps qui existe à l'état libre, et l'atome la plus petite quantité d'un corps entrant à l'état de combinaison pour former la molécule composée. Ces limites ont été franchies par la théorie ingénieuse et féconde de l'atOMICITÉ, consacrée aujourd'hui en France par l'autorité de M. Würtz.

L'on admet, d'après Kékulé, que la constitution de la molécule de benzine C^6H^6 peut se représenter par la formule suivante :



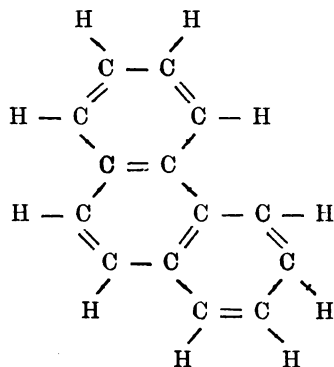
où nous voyons les atomes de carbone disposés suivant une chaîne fermée ou anneau caractéristique de la plupart des composés aromatiques. Chaque atome de carbone étant tétratomique est lié aux atomes de carbone voisins alternativement par une et deux atomicités; la quatrième atomicté est satisfaite par l'hydrogène (1).

Semblablement Erlenmeyer et Gröbe ont démontré que la naphthaline $C^{10}H^8$ renferme deux anneaux benzéniques ayant deux atomes de carbone communs.



(1) Würtz définit ainsi l'atOMICITÉ: capacité de saturation des atomes. Voyez son Dictionnaire, article *AtOMICITÉ*.

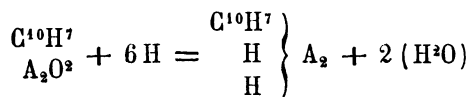
L'anthracène à son tour est envisagé par Græbe et Liebermann comme formé par la réunion des trois mêmes anneaux.



La naphthaline attaquée par l'acide nitrique plus ou moins concentré donne des nitronaphtalines

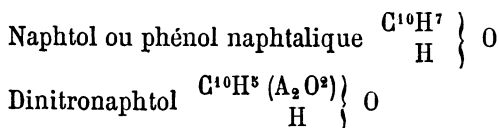


Avec les corps réducteurs, la protonitronaphtaline fournit la base correspondante à l'aniline, la naphtylamine



Mais c'est vainement qu'on a essayé sur les sels de naphtylamine les réactions auxquelles on avait soumis ceux d'aniline, les couleurs obtenues très-belles, mais peu stables, n'ont pu être l'objet d'aucune fabrication suivie.

Nous citerons cependant les principales, la rosonaphtylamine qui, par son mode de formation, répond à la rosaniline, le jaune d'acide chloroxynaphtalique, le jaune de Martius ou dinitronaphtol ressemblant à l'acide picrique par ses propriétés tinctoriales et explosives.



De toutes les matières colorantes dérivées de la naphthaline la plus intéressante est celle que Roussin découvrit en 1861 et qu'il appela

naphtazarine ou pseudo-alizarine croyant effectivement avoir obtenu le pigment de la garance.

Une formule fausse attribuée pendant longtemps à l'alizarine, $C^{10}H^6O^3$, formule d'après laquelle ce corps serait l'onynaphtoquinone. $C^{10}H^5(OH)O^2$ ou son isomère, ce fait que l'alizarine et la naphthaline soumises à l'action prolongée de l'acide nitrique concentré donnent de l'acide phtalique comme dernier terme d'oxydation, avaient amené des chimistes (Guerhard, Schützenberger) à ranger l'alizarine dans la série naphthalique. L'acide chloroxynaphtalique de Laurent n'était plus alors que l'alizarine monochlorée, $C^{10}H^5ClO^3$, et il suffisait pour avoir l'alizarine elle-même de substituer, comme l'ont en vain essayé Strecker et Wolf, un atome d'hydrogène à l'atome de chlore. De même un corps réducteur qui eût enlevé à la binitronaphtaline $C^{10}H^6(A_2O^2)^2$ deux atomes d'azote en les faisant passer à l'état d'ammoniaque, et un atome d'oxygène eût opéré la transformation cherchée.

M. Roussin chauffait la binitronaphtaline avec le zinc et l'acide sulfurique à 200° . La naphtazarine ainsi produite possède bien quelques-unes des propriétés de l'alizarine ; elle est soluble dans les alcalis d'où elle est précipitée à l'état de gelée ; elle résiste à l'acide sulfurique à 200° et à l'acide chlorhydrique.

Elle se fixe sur les cotons mordancés ; mais les teintures se dégradent dans le bain de savon bouillant et finissent par disparaître.

Aussi, après avoir causé en 1861 une émotion facile à comprendre, la pseudo-alizarine est-elle restée sans emploi. En songeant à la quantité énorme de naphthaline qui se produit chaque jour, à la facilité avec laquelle on obtient ce carbure à l'état de pureté absolue, on peut affirmer que la découverte de Roussin, si elle avait confirmé ses prévisions, eût amené la ruine subite et complète de l'industrie de la garance.

Si la naphtazarine fut bien vite reconnue comme n'étant susceptible d'aucune application pratique, son rôle dans l'histoire de la chimie tinctoriale n'est pas sans importance ; elle a été le premier exemple d'une matière colorante artificielle, se fixant sur les cotons à la manière des bois de teinture et de la garance. Liebermann a établi sa composition en 1871 et démontré que la naphtazarine était la bioxynaphtoquinone c'est-à-dire le composé correspondant à l'alizarine dans la série naphthalique.

D'après Grøbe la plupart des corps quinonés offrant la structure $C^6H^4(O^2)''$ dans lesquels les deux atomes d'oxygène sont associés pour former le groupe diatomique $(O^2)''$ présentent des réactions colorées.

Dans la série des carbures que nous considérons, les quinones sont des produits d'oxydation caractéristiques obtenus par substitution de $(O^2)''$ à $2H$, la facilité de formation et la stabilité de ces composés augmentent avec le nombre des atomes de carbone.

C^6H^6 benzine	$C^6H^4(O^2)''$ quinone
$C^{10}H^8$ naphthaline	$C^{10}H^6(O^2)''$ naphtoquinone
$C^{14}H^{10}$ anthracène	$C^{14}H^8(O^2)''$ anthraquinone.

La quinone $C^6H^4(O^2)''$, qu'on connaissait déjà comme un produit d'oxydation de l'acide quinique extrait des quinquinas, ne s'obtient, en partant de la benzine, que par des moyens indirects d'oxydation (oxydation de l'aniline). On n'arrive qu'avec peine à la naphtoquinone en partant de la naphthaline. L'anthraquinone, au contraire, se prépare très-facilement; de même, en traitant par l'acide chromique le chrysène dissous dans l'acide acétique, on a la chrysoquinone $(C^{18}H^{10}(O^2)''$ qui communique à l'acide sulfurique concentré une coloration bleue magnifique.

Substituons dans la naphtoquinone et l'anthraquinone deux fois le radical OH , l'hydroxyle à 2 atomes d'hydrogène, nous aurons

naphthazarine	$C^{10}H^4(OH)^2(O^2)''$, et
alizarine	$C^{14}H^6(OH)^2(O^2)''$.

Sur cette substitution, opérée d'une façon plus ou moins simple mais toujours logique, sont basés les divers procédés par lesquels Græbe et Liebermann ont effectué la préparation de l'alizarine.

C'est en 1868 que ces deux chimistes, en réduisant dans un tube à analyse organique, par la poudre de zinc, de l'alizarine extraite de la racine de la garance, trouvèrent sur la partie froide du tube des cristaux d'anthracène.

Cette expérience établissait d'une manière incontestable la formule si discutée de l'alizarine et justifiait la formule avancée, d'après des analyses très-concordantes, par Strecker qui le premier avait émis l'idée des rapports existant entre le carbure et son dérivé.

Les travaux postérieurs par lesquels Græbe et Liebermann reconstituaient avec le carbure le principe colorant en suivant une méthode de préparation encore longue et pénible, attirèrent immédiatement l'attention générale sur l'anthracène, connu depuis quelques années, mais jusqu'à ce jour comme une substance d'un intérêt purement scientifique et très-rare (1).

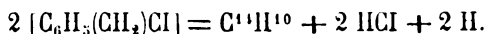
(1) D'après une lettre de M. Émile Kopp, écrite en mai 1869, après la publication des premiers brevets sur l'alizarine, il ne pouvait se procurer de l'anthracène qu'au

Le nom d'anthracène avait été pour la première fois donné en 1832 par Dumas et Laurent à un carbure retiré par eux des parties du goudron de houille qui distillent à une température élevée. L'anthracénuse de Laurent n'était autre que l'anthraquinone.

En 1857, Fritzsche décrivit un carbure répondant à la formule $C^{11}H^{10}$ analogue à l'anthracène de Laurent. Il signala la solution de dinitroanthraquinone dans la benzine ou l'acool comme un réactif très-propre à différencier certains carbures.

En 1862, Anderson publia un grand travail sur ce sujet et signala quelques dérivés anthracéniques.

En 1866, Limpricht fit la synthèse de l'anthracène par le chlorbenzyle ou toluène chloré en présence de l'eau à 180.



La même année paraissaient dans le *Bulletin de la Société chimique* les travaux de Berthelot, les premiers qui ont jeté quelque jour sur la question si complexe de la distillation des carbures. Étudiant les conditions qui président à leur génération, il réalisa leur synthèse pyrogénée par des transformations progressives en partant de l'acétylène et d'un nombre restreint de principes simples.

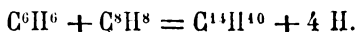
Ses formules, basées sur un nouvel ordre d'idées et sur un système complet d'expériences, expriment la parenté qui relie la benzine, la naphthaline et l'anthracène.

Benzine ou triacétylène	$C^6H^6 = 3 (C^2H^2)$
Naphtaline ou diacétylophénylène	$C^{10}H^8 = C^6H^4 (C^2H^2)(C^2H^2)$
Anthracène ou acétylodiphénylène	$C^{14}H^{10} = C^6H^4 (C^2H^2)(C^6H^4)$

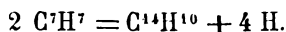
On voit que si on enlève à la naphthaline un résidu acétylène, à l'anthracène un résidu phénylène, on doit obtenir dans les deux cas le même résultat, c'est ainsi qu'on aura l'acide phthalique $C^8H^6O^4$ par oxydation.

D'après Berthelot, l'anthracène prend naissance :

1° En faisant passer la benzine et le styrolène dans un tube chauffé au rouge



2° Par décomposition du toluène au rouge



prix de 88 fr. les 500 grammes, et avec les plus grandes difficultés. A cette époque, le succès de l'alizarine artificielle lui paraissait très douteux, et il estimait le prix de cette matière à 1000 fr. le kilogramme.

Ce fait a trouvé une confirmation pratique. Les distillateurs de l'Ecosse et du Nord de l'Angleterre ont observé qu'il fallait chercher l'anthracène dans les goudrons pauvres en toluène et riches en benzine et en naphthaline (1).

On doit encore à Berthelot la connaissance des curieuses combinaisons cristallines que l'acide picrique donne avec certains carbures. Il indiqua le moyen de retirer l'anthracène des huiles lourdes, sa purification et quelques-unes de ses propriétés. Il soutint et confirma les données d'Anderson en opposition avec Fritzche, qui regardait le carbure de Berthelot comme le mélange de deux autres carbures qu'il nommait Photène et Phozène.

Depuis ces recherches si approfondies de Grøbe et Libermann, l'anthracène a été l'objet de nombreux travaux entrepris, surtout au point de vue industriel, en Angleterre, de la part de Perkin, Crace-Calvert, Roscoe; en Allemagne, Böttger, Petersen, Wartha; en Suisse et à Mulhouse, Bolley, E. Kopp, Auerbach, etc.

— L'anthracène pur cristallise en lamelles blanches, brillantes, offrant une belle fluorescence bleue; les cristaux qui ressemblent beaucoup à ceux de la naphthaline, ont la forme de tables rhomboïdales, quelquefois hexagonales par suite de la troncature de deux des angles.

L'anthracène fond à 213° et distille à 360°; à 100° il se sublime déjà lentement en petites paillettes.

Il est insoluble dans l'eau et les alcalis hydratés. A la température ordinaire, l'alcool..... dissout... 0,5 % d'anthracène,

la benzine..... » ... 0, 9 »

le sulfure de carbone. » ... 4, 7 »

Il se dissout à l'ébullition en quantités assez notables dans l'huile de pétrole distillant entre 120° et 150°, et dans les huiles de houille d'autant mieux que celles-ci ont une composition plus élevée.

Si à une dissolution saturée à 20° ou 30° d'acide picrique dans l'alcool, on ajoute de l'anthracène en excès, en faisant bouillir et en filtrant on obtient, après refroidissement, des aiguilles rouge rubis qui se décomposent par un excès d'alcool ou par les alcalis hydratés. Avec le réactif de Fritzche, l'anthracène pur donne des lamelles rhomboïdales d'un violet rougeâtre.

(1) Le goudron de houille doit être considéré jusqu'ici comme la seule matière première de l'anthracène. Les divers bitumes naturels, non plus que les goudrons de cannel, de schistes, etc., n'ont fourni de quantités, même minimales, de ce carbure.

Pour préparer l'anthracène à l'état de pureté, on prend les produits de la distillation du goudron de houille qui passent entre 340° et 380°. On soumet ces produits à une seconde distillation qu'on arrête à 350°. Le résidu est purifié par plusieurs cristallisations dans la benzine et, en dernier lieu, par l'alcool. Les cristaux sont pressés, séchés et sublimés à une basse température.

L'anthracène peut encore être purifié par dissolution dans la benzine avec addition d'acide picrique. Les cristaux rougissent décomposés par l'ammoniaque, on les fait recristalliser dans l'alcool.

Un procédé très rapide, et qui permet d'opérer sur une masse plus considérable, a été indiqué par Schuler.

La cornue ou la chaudière est mise en communication avec une grande cloche de verre tubulée ou un vase en terre analogue dont l'ouverture est fermée par une toile métallique fine. On chauffe avec précaution jusqu'à ce que l'anthracène commence à distiller ; au moyen d'un soufflet, on envoie alors dans l'appareil un fort courant d'air qui chasse la matière dans le récipient où elle se condense sous forme d'une poudre jaunâtre très propre en cet état à subir l'action des corps oxydants.

On traite cette masse comme nous l'avons déjà indiqué.

Pour enlever à l'anthracène ainsi purifié une couleur jaune clair très adhérente, due à un principe étranger nommé chrysogène, on le sublime à une basse température, on lave ensuite à l'éther ou bien on expose à la chaleur solaire directe la solution dans la benzine bouillante. Dans ce dernier cas, il se forme un peu de paranthracène, modification de l'anthracène insoluble dans les divers liquides et qui, par fusion à 244°, régénère le carbure primitif.

Il n'est pas nécessaire, pour préparer l'alizarine artificielle, de soumettre l'anthracène à une purification aussi complète. Nous résumerons, d'après l'ouvrage de Kopp-Boley, les divers procédés qui permettent d'obtenir le carbure tel qu'on le trouve dans le commerce.

La distillation du goudron doit être poussée plus ou moins loin, suivant que l'on tient à ne pas sacrifier le brai gras dont les usages sont si répandus ou suivant que l'on cherche à obtenir le rendement maximum en anthracène.

Dans le premier cas, on retire 190 à 200 litres d'huiles lourdes par tonne de goudron. Le résidu est un brai gras, solide et dur en hiver, se ramollissant aux chaleurs de l'été. Si l'on pousse l'opération jusqu'à avoir 300 litres, le brai peut encore être soutiré bouillant, mais il présente à froid une masse noire cassante, d'aspect brillant.

Les huiles sont distillées de nouveau et l'on met de côté tout ce qui passe, tant qu'une épreuve laisse, par refroidissement, déposer de la naphthaline. On recueille les produits suivants : les uns fluides, les autres se solidifiant à l'état d'une masse verdâtre nommée graisse verte, jusqu'ici employée pour les machines et qui renferme environ 20 % d'anthracène.

Si la matière est fluide, on la verse directement après l'avoir chauffée à 30° ou 40° dans un monte-jus qui l'envoie dans un presse-filtre.

Si elle est assez solide, on la turbine. Le résidu solide, chauffé à 40°, est pressé dans une forte presse hydraulique, semblable à celles employées dans les huileries.

Dans les deux cas, la substance obtenue contient à peu près 60 % d'anthracène pur.

Cette masse assez sèche est traitée à l'ébullition par l'huile de goudron légère ou le naphte de pétrole qui enlève les corps étrangers. On turbine pour chasser le liquide, et on chauffe dans une chaudière jusqu'à fusion. Il reste un produit blanc, verdâtre, assez dur, fondant entre 205° et 240°, et présentant une belle cassure cristalline.

La teneur est d'environ 95 % d'anthracène pur. Par sublimation, l'on en retire l'anthracène sous forme de petites lamelles.

D'après Kopp, on a ainsi 0,75 à 1 % en poids du goudron de houille employé.

— Si on ne craint pas de sacrifier le brai gras, on aura, d'après Greiff, un anthracène plus pur en soumettant le brai à une sublimation effectuée comme celle du chlorhydrate d'ammoniaque. Il faut éviter de chauffer trop fort, l'anthracène serait alors souillé par le chrysène et les carbures plus élevés dont on ne peut le séparer que par un traitement au sulfure de carbone où ceux-ci sont insolubles.

E. Kopp conseille de distiller le goudron en retirant 120 à 150 litres d'huiles lourdes. Le brai gras renferme alors presque tout l'anthracène. Pour obtenir le rendement maximum, il faut disposer l'appareil et conduire l'opération de manière à permettre la sortie rapide des vapeurs très denses qui s'élèvent et leur facile condensation.

La cornue (en fonte ou en tôle, si l'on opère sur des quantités par trop considérables) doit être plus large que profonde. Le tuyau de dégagement à large section débouche à 15 ou 20 centimètres au-dessus du niveau du liquide en ébullition et s'incline ensuite, conduisant les gaz dans un réfrigérant entouré d'eau d'abord chaude, puis bouillante vers la fin pour empêcher les obstructions.

La chaudière est remplie avec du brai fondu, en même temps qu'elle est chauffée. Lorsqu'une certaine quantité d'huile a passé, on rétablit le niveau en faisant couler du brai liquide par un tube vertical qui plonge jusqu'à mi-hauteur de la masse primitive. On ajoute ainsi peu à peu moitié autant de matière que l'appareil en contenait au début.

On fait alors arriver à la surface ou au sein du liquide un courant de vapeur surchauffée dont la condensation ne nuira en rien à la condensation des hydrocarbures ou bien un courant d'azote ou d'acide carbonique.

Les vapeurs ainsi entraînées se condensent, partie à l'état visqueux, partie sous forme cristalline; l'opération, à la fin, est une véritable sublimation. On l'arrête quand on voit se produire les vapeurs rouges du chrysène.

Si le résidu de la chaudière n'était pas assez fluide pour pouvoir être soutiré bouillant, on le ferait écouler sous une pression de $1/2$ ou $1/4$ d'atmosphère.

Dans ces conditions, E. Kopp a retiré d'un brai gras, provenant de l'usine à gaz de Turin, 4 à 6 % d'anthracène (1).

On peut traiter, de cette façon, des déchets de trottoir, des asphaltes. (Brevet Bronner et Gützkow, 29 mai 1869).

Certains fabricants poussent la distillation du brai jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'un coke dur et poreux. Dans ce but, on fait usage de cornues semblables à celles qui servent pour le gaz d'éclairage ou, ce qui est plus avantageux, de fours à moufle.

Un pareil four consiste essentiellement en une voûte de 5 mètres de long, 2 de large, 2 de hauteur, reposant sur une sole chauffée par des carneaux. A une des extrémités est le foyer; à l'autre, une ouverture de chargement, fermée par une porte à coulisses que l'on peut murer. A la partie supérieure de la voûte, du côté opposé au foyer, est un tuyau de sortie avec un branchement, disposé de manière que les vapeurs non condensées puissent être ramenées sous la grille.

(1) D'après M. Frédéric Versmann, qui a fait, à Londres, sur l'anthracène, une conférence dont le compte-rendu a été publié, en 1874, dans le *Moniteur scientifique* du docteur Quesneville, le professeur Grace-Calvert, qui s'est beaucoup occupé de cette question, a critiqué la distillation du brai comme étant très coûteuse pour en retirer l'anthracène. On a aussi prétendu que le carbure ainsi obtenu ne présentait pas les mêmes caractères que celui extrait du goudron. D'après M. Versmann, au contraire, il y a avantage à employer le brai, et tandis que le goudron seul fournit $1/2$ pour 0/0 d'anthracène, on en a jusqu'à 2 0/0 quand on traite à la fois le goudron et le brai,

Le brai s'introduit, soit à l'état fondu, soit en morceaux, par une ouverture pratiquée au sommet.

A la fin de l'opération, le coke est retiré encore rouge par la porte de chargement qu'on a soin de n'ouvrir que très lentement. Sa faible teneur en cendres, l'absence de produits sulfureux le rendent propre à de nombreux usages.

On a ainsi traité, dans des fours doubles, jusqu'à 4 tonnes de brai à la fois, avec une durée de distillation de 12 heures.

L'anthracène préparé par ce procédé doit être séparé des hydrocarbures plus élevés qui l'accompagnent; comme le carbure se décompose partiellement, même s'il est pur lorsqu'on le distille, on opère la rectification dans un courant de vapeur surchauffée ou de gaz exempt d'oxygène, en ayant soin de ne pas dépasser la température de 360° à 380°.

Quelle que soit la méthode qui a servi à obtenir l'anthracène brut, il est nécessaire de lui faire subir une première rectification. On laisse reposer pendant plusieurs jours la masse, pour permettre au carbure cristallin, l'anthracène, de se séparer.

On le soumet à une double pression énergétique; la première a lieu à froid, la seconde vers 40°.

La matière alors sèche est pulvérisée et tamisée. Dans cet état, on traite la poudre, comme on l'a déjà dit, par des benzines ou des naphtes légers dont le point d'ébullition ne dépasse pas 100°. On évite ainsi de dissoudre l'anthracène.

Le produit turbiné, séché au bain-marie, puis broyé, est alors livré aux fabricants d'alizarine.

L'anthracène commercial contient 70 à 75 % d'anthracène pur. Certains anthracènes, cependant, et surtout ceux de provenance anglaise, ont une richesse qui ne dépasse pas souvent 50 % et même 30 %.

L'impureté des produits livrés par les distillateurs de goudron et l'avantage que trouvent les fabricants d'alizarine à opérer sur une matière pure, ont amené la création en Allemagne et en Angleterre d'usines destinées spécialement à la raffinerie des anthracènes, les industriels qui préparent l'alizarine n'ayant pas toujours l'installation nécessaire à la purification des produits qu'ils reçoivent.

On conçoit dès lors l'intérêt qui s'attache à la connaissance d'une méthode exacte pour déterminer la richesse de l'anthracène commerciale. Un premier procédé est le suivant: Après vérification du point de fusion qui doit se rapprocher de 210°, on prend quelques grammes de l'échantillon qu'on soumet, entre des doubles de papier buvard, à l'action d'une forte presse hydraulique dont les plateaux sont

chauffés. On pèse ensuite ce qui reste sur le papier et on le dissout dans l'alcool bouillant. Après refroidissement, le résidu lavé à l'alcool et séché sera de l'anthracène pur.

On a essayé de remplacer l'alcool par le sulfure de carbone.

Un second procédé tout récent a été indiqué par M. Luck, chimiste de la maison Meister Lucius et C^e. Il est fondé sur ce fait, que l'anthracène, dissous dans l'acide acétique et traité par trois ou quatre fois son poids d'acide chromique, fournit 99,42 % de la quantité théorique d'anthraquinone. D'après l'auteur, cet anthraquinone n'est pas modifié par l'acide chromique, tandis que les hydrocarbures qui accompagnent l'anthracène donnent, par une action prolongée avec le même acide, des corps solubles dans les alcalis et faciles à séparer de l'anthraquinone. Ce fait aurait besoin d'être confirmé.

On dissout à l'ébullition 1 gramme de l'échantillon à essayer dans 45 centimètres cubes d'acide acétique cristallisable; on filtre, puis on ajoute 10 grammes d'acide chromique dissous dans 5 centimètres cubes d'eau et 5 centimètres cubes d'acide acétique. On fait bouillir jusqu'à ce que la solution ait pris une couleur vert jaune persistante. Après refroidissement, on ajoute 10 centimètres cubes d'eau, on filtre après quelques heures. On lave sur le filtre l'anthraquinone d'abord avec de l'eau, puis de la potasse. On sèche à 100° et on pèse. La quantité de liquide employé retient 0 gr. 0,10 d'anthraquinone qu'on ajoute au poids obtenu.

Nous terminerons par quelques chiffres sur la production de l'anthracène.

En 1871, l'Angleterre a fourni en produit brut contenant 30 % de pur 300,000 à 400,000 kilos, soit 90,000 à 120,000 kilogrammes d'anthracène pur.

En 1872, d'après Gessert, 1,500,000 à 1,800,000 kilos de brut.

En 1873, on a fabriqué en Allemagne 90,000 kilos d'alizarine pure, ce qui représente à peu près l'emploi de 1,500,000 kilos d'anthracène pur ou environ 4,500,000 k. de produit à 30 %, correspondant à une valeur de 6,750.000 francs, en mettant à 1,500 fr. le prix de la tonne d'anthracène brut.



NOTE

SUR LE PAQUEBOT *GÉNÉRAL-PAOLI*

APPARTENANT A LA COMPAGNIE A. & L. FRAISSINET & C^e

Par M. L. LAGRAFEL ,

Ingénieur de la Compagnie Fraissinet.

La compagnie Fraissinet étant devenue concessionnaire du service postal de la Corse, a fait construire ce bateau spécialement pour ce service.

La coque en fer, ainsi que l'armement, le gréement et les aménagements, en un mot, le navire proprement dit a été construit sur les chantiers de la Seyne.

L'appareil moteur à hélice comprenant la machine, les chaudières, la ligne d'arbres et l'hélice a été construit par les ateliers de la compagnie Fraissinet et mis en place à la Seyne, également par le personnel de cette compagnie.

L'administration des Postes, ayant fixé la vitesse moyenne du bateau, la portée en lourd, le nombre de couchettes et emplacements affectés aux trois classes de passagers et diverses autres conditions secondaires, Messieurs Fraissinet ont rédigé un programme de dispositions générales indiquant, outre les conditions ci-dessus, la puissance de la machine, le poids des diverses parties qui la composent, un plan de la chambre de machine, le diamètre de l'hélice, etc.

D'après ce programme, M. Laganne, Ingénieur en chef des chantiers de la Seyne, a dressé les plans et devis complets du navire, dont voici les dimensions principales :

Longueur entre perpendiculaires.	56 m.
Largeur au fort hors membres.	7.50
Creux sur quille.	5.10
Profondeur de carène au milieu.	3.20
Tirant d'eau arrière environ.	3.87
Déplacement total en charge.	767 ton.
Section immergée du maître couple. ...	en charge. à mi-charge. 20 m. ^{q.} 16 —
Voilure — surface totale.	330 m. ^{q.}
Capacité approximative des magasins à marchandises.	Cale A. Cale B. Entrepôts 220 205 95
Soutes à charbon.	73 m. ^{q.}
Passagers.	de 1^{re} classe. de 2^{me} » de 3^{me} » 24 24 16
Poids approximatifs.	Armement mobile. Coque fer. » bois. Emménagements. Ciment. Mâture, gréement, voilure. Armement fixe. Machine, chaudières, treuils. Charbon. Marchandises. 17 ton. 234 33 25 10 12 21 110 60 245
	TOTAL.
	767 ton.

D'après le marché signé le 20 décembre 1873, la mise à l'eau du navire devait avoir lieu le 1^{er} juillet 1874, et l'achèvement complet le 1^{er} août, soit un mois après.

M. Le Go, l'un des jeunes et habiles ingénieurs sous les ordres de M. Laganne, a été chargé de la construction.

Le navire a été lancé le 6 juin, c'est-à-dire trois semaines au moins plutôt que l'époque fixée.

Le 25 juillet essai sur place.

Le 29 juillet essai dans la rade de Toulon et départ immédiat pour Marseille, où nous arrivons ce même jour, à six heures et demie du soir.

Ainsi donc la construction de ce paquebot effectuée et menée à bonne fin en six mois, par deux administrations distinctes, fait honneur à la Compagnie Fraissinet et à la Société Nouvelle des Forges et Chantiers ainsi qu'à leur personnel. L'appareil moteur, construit dans les ateliers de la Madrague à Marseille, a été transporté à la Seyne pour être installé à bord par les monteurs et ouvriers de ces ateliers. Ceux-ci se sont trouvés en contact journalier pendant toute la durée du montage avec ceux de la Seyne travaillant au navire ; les relations ont toujours été excellentes et les travaux ont marché avec la plus grande régularité sans le moindre conflit, sans aucune fausse manœuvre et, par conséquent, sans aucune perte de temps.

Appareil moteur.

La machine a été établie pour développer une puissance en marche ordinaire de 500 chevaux de 75 kgm. à l'indicateur sur les pistons, et le navire pour filer onze nœuds et demi, la vitesse moyenne de l'année imposée par l'Etat étant de huit nœuds et demi.

La machine est du système à deux pressions actionnant l'hélice directement. Elle est du type adopté par les principaux constructeurs, à cylindres renversés s'appuyant : d'un bord, sur le condenseur par surface à tubes horizontaux, et de l'autre bord, sur quatre colonnes en fer. La mise en train se trouve du côté des colonnes, c'est-à-dire à tribord. Contre le condenseur à babord sont fixées les pompes mues par des balanciers établis au-dessus du condenseur et recevant le mouvement au moyen d'étriers pris sur les traverses des tiges de pistons. Celles-ci sont guidées par un coulisseau avec glissière fixée contre le condenseur.

L'arbre de la machine est à deux coudes à 90°, et est supporté par les quatre paliers de la plaque de fondation. La pompe à air et la pompe à circulation sont pareilles, verticales, à simple effet. L'eau de mer arrivant à la partie supérieure du condenseur passe à l'intérieur des tubes en laiton et est aspirée, dans le bas du condenseur, par la pompe de circulation, qui la rejette au dehors. La vapeur s'échappant du grand cylindre arrive dans le condenseur en contact avec l'extérieur des tubes en laiton et l'eau condensée est enlevée par la pompe

à air pour être reprise par les pompes alimentaires. Celles-ci, au nombre de deux, et deux pompes de cale, sont verticales, à simple effet et mues par les traverses des grandes pompes ci-dessus.

Les cylindres sont à enveloppes de vapeur, les fonds et couvercles sont chauffés par le même courant de vapeur venant directement des chaudières. La purge de ces enveloppes se fait d'une manière intermittente en ouvrant un robinet fixé contre la caisse à eau qui reçoit l'eau de la pompe à air. Le petit cylindre est à l'avant, son tiroir à l'avant et la détente sur le côté tribord de ce tiroir. Celui-ci est à simple orifice tandis que celui du grand cylindre, placé au milieu entre les deux cylindres, est à double orifice. Sur le dos de ce grand tiroir est une plaque fixe qui, donnant un recouvrement plus grand, roupe la vapeur à 55/100 sans nécessiter une grande avance du tiroir et sans produire, par conséquent, une évacuation anticipée. Ce principe emprunté à Napier est appliqué ici avec des dispositions plus simples et des pièces moins volumineuses.

Le changement de marche est à coulisse de Stephenson avec secteurs à deux lames.

Le tiroir de détente est mù par un excentrique à avance variable. La plaque de friction du petit cylindre est en fonte dure rapportée, le tiroir est à compensateur frottant contre la porte de la boîte.

Le palier de butée à filets est indépendant de la machine, mais il est arc-bouté contre la plaque de fondation.

Comme auxiliaire de manœuvre, le grand cylindre porte un petit tiroir de mise en train sur le côté tribord, qui donne une distribution complète, c'est-à-dire introduit la vapeur directe dessus ou dessous le grand piston et l'évacue alternativement dans l'orifice d'échappement du grand tiroir. Ce petit tiroir se manœuvre à la main comme d'usage quand c'est nécessaire, et il a ceci de particulier c'est qu'en même temps qu'il donne la vapeur au cylindre, il découvre un orifice qui admet aussi la vapeur dans la grande boîte empêchant ainsi le grand tiroir de se décoller.

La détente du petit cylindre ne se débrayant pas, une soupape à main permet d'introduire la vapeur directement dans la boîte à tiroir du petit cylindre pendant les manœuvres.

Il nous reste à mentionner trois particularités de cette machine concernant le mouvement des tiroirs, l'évacuation de la vapeur au condenseur et la caisse qui reçoit l'eau de condensation élevée par la pompe à air.

Quoique les secteurs soient à deux lames, nous avons pu très-simplement établir des guides pour les têtes de tiges de tiroirs. Ce so n

des glissières en fonte fixées sous les cylindres, descendant et passant entre les deux lames; la tête de tige de tiroir est maintenue en frottant entre ces deux glissières. Cela nécessite seulement de faire les secteurs un peu plus longs, mais aussi il n'y a plus à craindre que les tiges soient fatiguées et faussées par les poussées latérales résultant du mouvement des secteurs.

La vapeur s'échappant du grand cylindre, au lieu de pénétrer directement dans le condenseur, passe dans une boîte contenant un certain nombre de diaphragmes ou cloisons en fonte mince, à surface striée et disposées de manière à chicaner le passage de la vapeur et retenir la graisse ou autres parties solides venant du cylindre, qui d'ordinaire, en se déposant sur les tubes du condenseur, donnent un travail de nettoyage difficile. Ces cloisons sont disposées pour être enlevées très-facilement par une porte et remises en place après nettoyage. Il faut naturellement que ces cloisons laissent de larges passages à la vapeur pour ne pas opposer une résistance à l'évacuation. Il résulte aussi de cette disposition, que l'eau douce recueillie au bas du condenseur, doit être moins chargée de corps étrangers, mais cela ne nous a pas paru suffisant, car pour assurer le bon fonctionnement des chaudières à haute pression en général et en particulier celles à petit volume, l'une des conditions essentielles est de ne les alimenter qu'avec de l'eau douce et même de l'eau distillée débarrassée des corps gras, oxide de fer ou autres corps étrangers. Pour arriver à ce but autant que possible, nous avons établi un filtre sur le parcours de l'eau entre la pompe à air et les pompes alimentaires de la manière suivante :

Une caisse en tôle de 1^m de côté et de 2^m de haut est placée en abord contre la muraille du navire, sa partie inférieure étant un peu en contrehaut des pompes alimentaires. Une cloison horizontale en tôle percée de trous est fixée au milieu de la hauteur de cette caisse et supporte une couche de cailloux ou de mâchefer de 40^{cm} d'épaisseur à peu près, au-dessus de laquelle est versée l'eau élevée par la pompe à air et qui est forcée de la traverser pour arriver dans le compartiment inférieur de la caisse, d'où les pompes alimentaires la retirent. Des portes de nettoyage permettent de retirer les mâchefers s'ils sont sales et de les remplacer.

Pour compléter ce qui concerne l'eau d'alimentation, ajoutons que deux caisses contenant six mètres cubes, donnent un approvisionnement d'eau suffisant pour le service et qu'en outre la chaudière des treuils est installée pour, au besoin en mer, fournir de la vapeur à basse pression au grand cylindre et fabriquer ainsi de l'eau distillée

sans grande dépense. L'hélice est du système de Hirsch à quatre ailes courbes.

Dimensions principales de la machine.

Diamètre du petit cylindre	670 ^m / _m .
d° du grand »	1.300
Course des pistons.	760
Diamètre de l'hélice.	3.300
Pas moyen	5.450
Nombre de tours.	73 à 76
Introduction petit cylindre	0.25 à 0.30
Puissance maximum en ch ^x de 75 kgm. à l'Indic ^r sur } pistons.	500 à 600
Pression correspondante aux chaudières	5.6 à 6 k.
Section immergée du maître couple	16 à 20 ^m / _m .
Vitesse max. obtenue en nœuds	11 à 12.30
Valeurs correspondantes de m'.	3.49 à 3.835
Recul de l'hélice.	0.15 à 0.085
Diamètres pompes à air et à eau	500 ^m / _m .
d° des pompes alimentaires.	80
Courses de ces pompes	475
Surface de chauffe	246 ^m / _m .
d° de grille.	6
d° de condensation	102

(En 611 tubes de 2,520 × 19/22).

Chaudières.

Les chaudières du système Barret et Lagravel appliquées déjà sur trois bateaux de la C^e Fraissinet, ayant donné des résultats satisfaisants, on a décidé de les adopter pour le *Général Paoli*. On avait alors une expérience de deux ans sur le vapeur *Isère*.

Ces chaudières se composent (chaque corps) d'un faisceau de tubes inclinés chauffés extérieurement, fixés à leurs extrémités sur deux boîtes prismatiques reliées à leur partie supérieure par un réservoir cylindrique. — Les tubes, les boîtes et la partie inférieure du réservoir sont occupés par l'eau, tandis que le restant du réservoir est occupé par la vapeur.

Les boîtes prismatiques sont fortement consolidées par des entre-toises à 130^m. d'écartement de centre en centre — des bouchons autoclaves à chaque bout, en face des tubes permettent de visiter, nettoyer et, au besoin, remplacer les tubes.

Le brevet de cette chaudière a été pris en mai 1870 — deux corps ont été construits et placés en 1871 sur l'*Isère*, qui a commencé sa navigation régulière le 31 décembre 1871. (Le brevet de celle de Watt, de même système, n'a été pris qu'en 1871, en Angleterre.)

La grille est établie sous les tubes — de petites briques, simplement posées sur les tubes, forment trois cloisons qui forcent la flamme ou les gaz chauds à se coucher, en s'élevant en zig-zag jusqu'à la cheminée, frottant ainsi le plus possible toutes les parties du faisceau tubulaire. Les côtés des foyers et des chaudières sont fermés par des murettes en briques, maintenues et consolidées par des panneaux démontables en tôle et cornières. La vapeur formée dans les tubes s'échappe, suivant leur inclination, dans la boîte de devant et s'élève dans le réservoir supérieur, produisant en même temps un courant d'eau rapide vers la boîte de derrière par laquelle cette eau descend lentement, avec calme, pour réalimenter les tubes. — Il en résulte ceci que, la vapeur se dégageant d'une manière suivie et uniforme sans chambres de vapeur, sans troubles, les entraînements d'eau ne se produisent pas dans les tuyaux de conduite de vapeur, la séparation de l'eau et de la vapeur se faisant librement, et petit à petit, dans le réservoir supérieur. — De cette circulation, il résulte aussi un équilibre de température tel que les parties basses ne sont pas à une température plus élevée que les parties hautes.

Des expériences faites avec soin, dès le début, ont constaté ces résultats et la pratique les a depuis confirmés. — Aussi, les tubes simplement mandrinés avec l'expander de Dudgeon ne se sont jamais disloqués et ceux du bas, qui sont au coup de feu, n'ont jamais suinté depuis près de trois ans.

Quant à la rivure des tubes par l'expander, nous avons d'ailleurs reconnu au début, avec M. Barret, qu'elle pouvait supporter une pression de plus de trente atmosphères.

L'alimentation est ici facultative et variable suivant les besoins de visite des pompes alimentaires et les stationnements dans les ports : une variation de niveau dans le réservoir supérieur de trente centimètres, par exemple, étant sans influence et sans danger. — C'est un avantage sérieux sur les chaudières du type Belleville où l'alimentation doit se faire d'une manière très régulière sans variation sensible de niveau, ce qui, à terre, s'obtient facilement, mais non en mer.

Les deux boîtes, celle de derrière surtout, sont prolongées en contrebas des tubes pour recevoir les dépôts lourds, tandis que l'écume forme une boue friable qui s'applique contre les parois du réservoir supérieur. — Le bas des boîtes reçoit aussi les débris du zinc employé pour empêcher les oxydations. — C'est ici le cas de rappeler que, dans toutes les chaudières d'un type à petit volume par rapport à la puissance, il faut une eau très pure et encore, malgré cela, avoir des espaces ménagés à l'abri du feu pour recevoir les dépôts ou avoir le moyen de s'en débarrasser en marche, de temps à autre, sans quoi on brûle des tubes ou l'on a des ébullitions ou des entraînements fréquents. — Sous ce rapport, la chaudière cylindrique ordinaire à chauffage intérieur a un avantage à cause de son grand volume, lequel encore devient insuffisant si on ne prend pas les précautions nécessaires. — Dans les règles qu'on établissait sur les proportions des chaudières, on nous disait qu'il faut tant de litres d'eau et tant de litres de vapeur par cheval dans une chaudière, mais on ne disait pas pourquoi.

Si la chaudière cylindrique ordinaire a des avantages, et elle en a certainement, elle présente aussi de bien grands inconvénients pour la haute pression. — L'emploi de tôles d'une trop forte épaisseur, qui rend la construction très difficile, les dislocations des rivetages et des tubes par suite des dilatations inégales, les rivures des tubes, les entretoises, les coutures exposées au feu se brûlent, etc.

Le cadre de ce travail ne nous permet pas d'entrer dans tous les détails intéressants sur la conduite des chaudières marines à haute pression et sur les avantages ou inconvénients des divers systèmes à chauffage extérieur exécutés dans ces derniers temps, soit en Angleterre, soit à Marseille.

Le grand nombre de types créés indique que les constructeurs se préoccupent maintenant beaucoup de cette question trop négligée pendant longtemps.

Appareil évaporatoire du Paoli.

Il se compose de trois corps égaux indépendants. Chaque corps a une soupape d'arrêt avec tuyau, conduisant la vapeur dans le bas d'un sécheur ou réchauffeur, qui n'est autre qu'un cylindre vertical en tôle, placé au-dessus des chaudières, dans la base de la cheminée. Une soupape de prise, placée dans le haut de ce sécheur, livre la vapeur au petit cylindre.

Comme dans les chaudières précédentes de ce système, on a in-

stallé pour le nettoyage extérieur des tubes, des ramoneurs à jets de vapeur et, en outre, un système de raclettes qui se ramènent sur le devant à l'abri du feu autant que possible et que l'on peut faire mouvoir, d'un bout à l'autre des tubes, au moyen de tringles que l'on visse à cet effet sur des tiges placées à poste fixe sur les raclettes. — Ces tiges passent dans des entretoises spéciales en fer creux.

Dans les ports, sans rien ouvrir ni rien démonter, un homme seul fait courir l'une des raclettes et ramone le rang correspondant de onze tubes. — Et, comme il y a huit raclettes superposées, il faut huit opérations pareilles pour ramoner un corps de chaudière.

Les joints des bouchons sont faits avec des anneaux de plomb coulé de 5 ^m/_m de diamètre. La portée des joints de bouchons est d'ailleurs dressée sur la tôle, de même que les bouchons sont tournés pour assurer un joint facile.

Les murettes en briques, panneaux démontables en tôle, poches à dépôt, extractions, sont installés comme il a été dit déjà. — Chaque corps de chaudière a son niveau d'eau. — L'alimentation se fait sur la boîte de derrière dans le bas, tout près du premier rang de tubes du bas.

On règle l'alimentation au moyen d'une soupape à vis ordinaire, et, lorsque, dans les premiers essais, on a trouvé l'ouverture qui convient à chaque corps, on reste des heures et une journée entières sans avoir à la modifier. — Le calme que l'on remarque, d'ailleurs, dans les niveaux d'eau, indique un dégagement de vapeur régulier sans trouble.

Dimensions principales d'un corps :

Nombre de tubes en onze rangs de onze tubes.	121
Longueur des tubes entre plaques.	2.200 ^m / _m .
Diamètre extérieur des tubes.	95
Épaisseur des tubes du bas	5
d° des autres tubes.	4
Largeur d'une boîte ou du corps.	1.520
Épaisseur des boîtes intérieures	250
Diamètre du réservoir supérieur-extérieur	1.200
Longueur du d° d°	3.500
Écartement des tubes de centre en centre	130
d° des entretoises d°	130
Diamètre des entretoises ordinaires.	26
d° des d° creuses	35—22

Épailleurs des tôles :

Cylindre supérieur, enveloppe et têtes	17 ^m /m.
Plaques tubulaires et plaques à bouchons	20
Enveloppes ou côtés des boîtes et dessous	17
Surface de chauffe d'un corps	82 m.q.
Surface de grille d*	2
Volume d'eau	3.775 litres.
Timbre	7 k.
Pression d'épreuve à la pompe.	14 k.

MARSEILLE, 23 Septembre 1874.

AL. LAGRAFEL,

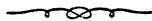
Ingénieur des ateliers de la Compagnie Fraissinet.

NOTE SUR L'INCENDIE

QUI A EU LIEU

à l'usine de la Compagnie Générale des Pétroles le 29 août 1874

Par M. E. GUISAN, Ingénieur.



L'incendie qui s'est déclaré à l'usine de la Compagnie Générale des Pétroles le 29 août au soir, a été accompagné d'un concours de circonstances telles, qu'elles ont permis de recueillir un certain nombre de faits des plus intéressants et même utiles pour ceux qui s'occupent du pétrole.

Ces faits, qu'il eût été dangereux de demander à une expérience qu'un sinistre seul pouvait fournir, viennent confirmer, sur une plus grande échelle, quelques-unes des expériences que M. l'ingénieur Barret a consignées dans son rapport, si remarquable et si complet, publié en 1872, dans le *Bulletin de la Société scientifique et industrielle*.

Avant d'aborder les faits relatifs à l'incendie, nous croyons utile de donner une description sommaire de l'emplacement où il a eu lieu.

Situé dans la première cour de l'Usine, cet emplacement forme un carré de 22 mètres sur 19 fermé de trois côtés : à l'Est, par un bâtiment élevé d'un étage, servant d'habitation ; à l'Ouest par le mur qui sépare la première cour de la seconde, dans laquelle se trouvent les ateliers qui séparent l'usine de la propriété de M. Blanc. Du côté de M. Blanc, diverses constructions sont adossées contre cette muraille. Du côté de l'usine, il y avait un hangar dont la toiture, en feuilles de zinc supportées par des travettes en bois armées de barres de fer, s'appuyait contre cette muraille. Le devant du hangar était fermé par une murette en briques percée de deux larges ouvertures de 3^m sur 2^m. Ce hangar occupait une superficie de 21^m,80 sur 8^m,50 ; il contenait environ 450 bombonnes vides et empaillées. — Sous le sol,

se trouvent dix bassins, séparés les uns des autres par des murailles de 0^m,60 d'épaisseur, qui ont chacun 9^m de longueur sur 3^m de largeur, 2^m,75 de profondeur. L'espace libre entre le cerceau des voûtes qui les recouvrent et la surface du liquide lorsqu'ils sont pleins mesure environ 25^m. — Ces bassins sont construits en bonne maçonnerie revêtue de ciment et doublés en plomb. Le toit est fait de poutres en fer reliées par des voûtes en briques et ciment; le tout recouvert d'une couche de 40^m de béton et 1^m de terre. Trois de ces bassins ont été réunis en un seul. (Les n^{os} 8, 9 et 10.)

Ces bassins n'ont qu'une seule ouverture située à l'un des angles; elle est formée par un regard carré en fonte de 50^m de côté et fermée par deux plaques; une en tôle, s'emboitant à l'intérieur à frottement juste et s'appliquant à 25^m, en contre-bas sur une baguette en saillie; l'autre en fonte, pesant 150 kilos. recouvre le regard au niveau du sol.

Six de ces bassins étaient remplis de pétrole épuré, le bassin formé par la réunion des trois bassins 8, 9, 10, était rempli de pétrole brut, et enfin un bassin, le n^o 4, contenait environ 25,000 litres d'essence de pétrole. Il y avait donc, au moment de l'incendie, environ 650,000 litres de pétrole de différentes natures emmagasinés dans le sous-sol.

Ceci posé arrivons à l'incendie et aux causes qui l'ont produit.

Nous avons reçu des Docks dans le courant de la journée 100 barils d'essence de pétrole et nous les avons vidés dans le bassin n^o 4, dont la bouche ouvre à l'intérieur du hangar dont nous avons parlé. — Lorsqu'on vide des fûts de pétrole brut ou d'essence, il se dégage toujours une certaine quantité de vapeurs, qui se répandent dans l'atmosphère; ces vapeurs sont d'autant plus abondantes que la température est plus élevée et que les barils sont restés plus longtemps exposés au soleil avant d'être vidés. Ces vapeurs plus lourdes que l'air peuvent rester accumulées dans un espace fermé, surtout lorsqu'il ne fait pas de vent. Ces différentes conditions se sont trouvées réalisées le 29 août; l'atmosphère était chaude et lourde, il ne faisait pas de vent et les barils d'essence sont probablement restés plusieurs heures sur le quai exposés aux rayons du soleil. Il s'est par conséquent produit un abondant dégagement de vapeurs pendant l'opération du vidage des fûts, qui avait lieu justement à l'intérieur du hangar; ces vapeurs ont dû s'y accumuler et ont probablement rempli tous les espaces vides, que les bombonnes laissaient entr'elles.

Nous avons dit que le hangar à l'intérieur duquel nous vidions les barils s'appuyait contre le mur mitoyen qui nous sépare de M. Blanc. Ce mur de construction ancienne est par suite du temps

devenu en assez mauvais état, et il s'y est produit un grand nombre de lézardes et mêmes de trous plus que suffisants pour laisser passer des gaz. Les vapeurs produites par le vidage des barils et qui s'étaient accumulées sous le hangar, traversèrent cette muraille d'autant plus facilement qu'il y a de l'autre côté des fosses en contre-bas du sol de l'usine, cette différence de niveau produisit une espèce d'appel ; car les vapeurs de pétrole, étant plus lourdes que l'air et se mélangeant difficilement avec lui, tendent toujours à descendre.

Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les vapeurs aient traversé la muraille et se soient accumulées dans les fosses situées de l'autre côté.

Une lumière ayant été introduite accidentellement dans une de ces fosses, il se produisit une explosion instantanée, qui communiqua le feu à une remise dans laquelle se trouvait du foin et de la paille. — Une demi minute environ après cette explosion (de la force d'un coup de fusil fortement chargé), il s'en produisit une seconde, beaucoup plus forte cette fois, dans l'usine et à l'intérieur du hangar. Grâce aux deux grandes ouvertures, dont nous avons parlé plus haut, il n'y a pas eu de projection de matériaux, mais la toiture et les matières inflammables et combustibles qui s'y trouvaient furent aussitôt en flammes.

La première préoccupation était de savoir comment nos bassins se comporteraient, car nous avons toujours admis que le feu se communiquant dans un de nos bassins devrait amener une explosion suffisante pour faire voler en éclats la toiture de nos bassins, quelque résistante qu'elle pût être. Pour parer à ce danger, certains de nos bassins ont été munis d'une cheminée à large section, à l'intérieur de laquelle peut se mouvoir une plaque, destinée à faire office de soupape de sûreté, en offrant un passage aux gaz produits par la combustion et qui en retombant sitôt après par son propre poids, devait étouffer les flammes qui n'auraient pas manqué de se produire si tout accès d'air n'était intercepté.

Le bassin n° 4, dans lequel nous venions de vider les fûts d'essence étant resté ouvert, le feu devait s'y être communiqué, une explosion avait dû se produire ; quels dégâts avait-elle occasionné, et, au cas où la toiture du bassin aurait résisté, y aurait-il à l'intérieur assez d'air pour permettre à l'essence de brûler ? Telles étaient les questions qui se posaient naturellement et auxquelles les faits se sont eux-mêmes chargés de répondre.

Non-seulement il n'y a pas eu explosion à l'intérieur du bassin, mais l'inspection ultérieure nous a démontré qu'il n'y avait pas eu de feu à l'intérieur du bassin ; nous avons trouvé des traces de feu

seulement à la partie supérieure du regard en fonte, ces traces étaient accusées par un dépôt de noir de fumée sur les parois du regard ; un tuyau en plomb qui plongeait dans le bassin par le regard n'a été fondu également que jusqu'à la limite indiquée par le noir de fumée. Pendant l'incendie même nous n'avons aperçu à l'ouverture du bassin que des flammes très-courtes et vacillantes, produites sans doute par des vapeurs qui s'enflammaient en arrivant au contact de l'air. Il y avait dans ce bassin 25,000 litres d'essence de pétrole ; il n'était donc rempli qu'au tiers de sa capacité ; le jaugeage fait le lendemain nous a prouvé qu'il n'avait brûlé que peu ou point d'essence.

Un bassin contigu à celui-ci contenait 225,000 litres de pétrole brut, soit 1500 barils. On avait pratiqué dans le toit une petite ouverture de 10^{cm} pour laisser passer un tuyau ; les vapeurs que le pétrole brut dégage continuellement et qui sortaient par cette ouverture se sont enflammées, mais il n'y a pas eu explosion. En effet, les vapeurs de pétrole étant plus lourdes que l'air ne sortent à l'extérieur d'un bassin qu'après avoir déplacé tout l'air qui s'y trouvait. M. Barret a déjà démontré ce fait lorsqu'il a enflammé par la bonde deux barils, l'un de pétrole brut, l'autre d'essence, ayant un espace libre de 2 à 3^{cm} entre le dessous de la bonde et la surface du liquide. Il n'y a pas eu explosion, les flammes étaient courtes et vacillantes et une légère brise de mer a suffi pour les éteindre plusieurs fois.

On a éteint aussi facilement les flammes qui sortaient par les ouvertures des bassins de brut et d'essence en les couvrant avec une tôle et en jettant du sable par-dessus.

Un troisième bassin, dont la bouche se trouve à côté de celle du bassin d'essence et qui était fermé par ses deux plaques, a dû subir une légère explosion, mais cette explosion n'a eu lieu que dans l'intérieur du regard, là où les vapeurs se trouvent en contact avec l'air extérieur.

Nous avons, en effet, trouvé la plaque en fonte qui pèse 150 kil. ne recouvrant plus qu'à moitié le regard, tandis que la plaque en tôle avait été chassée de sa position et était restée emboîtée en diagonale entre les parois du regard ; elle était tellement forcée qu'il nous a fallu employer un levier pour la faire sortir. Ce bassin était complètement rempli et contenait 70,000 litres de pétrole épuré.

Aucune explosion sérieuse ne s'étant produite, et le feu n'ayant pas pris à l'intérieur des bassins, on se rendit facilement maître de l'incendie, qui n'était plus qu'un feu de paniers vides.

Les faits que nous avons constatés nous ont conduit à admettre que les vapeurs dégagées par le pétrole, étant plus lourdes que l'air, lors-

qu'elles s'accumulent dans un réservoir, descendent au fond en déplaçant l'air comme le ferait un liquide; et que, par suite de leur difficulté à se mélanger avec lui, lorsqu'elles sont enflammées, il ne se produit pas une explosion unique, mais une suite d'explosions, ce qui diminue beaucoup la force qui serait produite par une explosion qui serait le résultat de la combinaison instantanée des volumes de gaz et d'air en présence.

A l'appui de ce qui précède, nous pouvons encore citer un fait qui s'est passé, il y a quelques années, au début de notre industrie. Ces mêmes bassins étant en construction, nous fûmes obligés de vider du pétrole dans quelques-uns d'entr'eux, tandis que les autres n'étaient pas entièrement achevés. Un ouvrier avant voulu, en notre présence, entrer dans un de ces derniers avec une lampe allumée, au moment où celle-ci arriva au contact du gaz qui se trouvait à notre insu, dans ce bassin, il s'enflamma. Il n'y eut pas d'explosion, mais un bruit sourd semblable au roulement du tonnerre et qui a duré quelques secondes.

Comme conclusion, nous disons que cet ensemble de faits nous a permis de constater la sécurité qu'offraient des bassins souterrains bien construits pour l'emmagasinage du pétrole.

Nous ferons encore observer que le bassin dans lequel il y avait de l'essence se trouvait dans les conditions les plus défavorables au point de vue d'un sinistre par le fait qu'il contenait de l'essence, le produit du pétrole le plus léger, le plus volatil et par conséquent le plus inflammable; de plus, il n'était rempli qu'au tiers de sa capacité, et eu égard à ce que les barils d'essence avaient été vidés dans ce bassin quelques heures à peine avant l'incendie, il était à présumer que la production de vapeurs n'avait pas été assez active pour déplacer aussi rapidement le volume d'air contenu dans le bassin. Il semblait donc qu'il dût y avoir grande chance pour qu'il y eût un mélange de vapeurs et d'air suffisant pour produire une explosion capable de faire sauter le toit du bassin.

Ainsi que nous l'avons vu, cette hypothèse ne s'est pas réalisée et les faits que nous avons pu constater viennent augmenter la confiance que nous avons dans la solidité de nos bassins, ou du moins la sécurité qu'ils offrent comme magasins de pétrole.

LES CROTTEs, le 24 Septembre 1874.

ESSAIS

SUR LA RÉSISTANCE DES FILS DE FER

Par **M. D. SÉVOZ**

Ingenieur aux Forges de Fraisans (Jura),

MEMBRE ASSOCIÉ.

Lons (Doubs), 25 Août 1874.

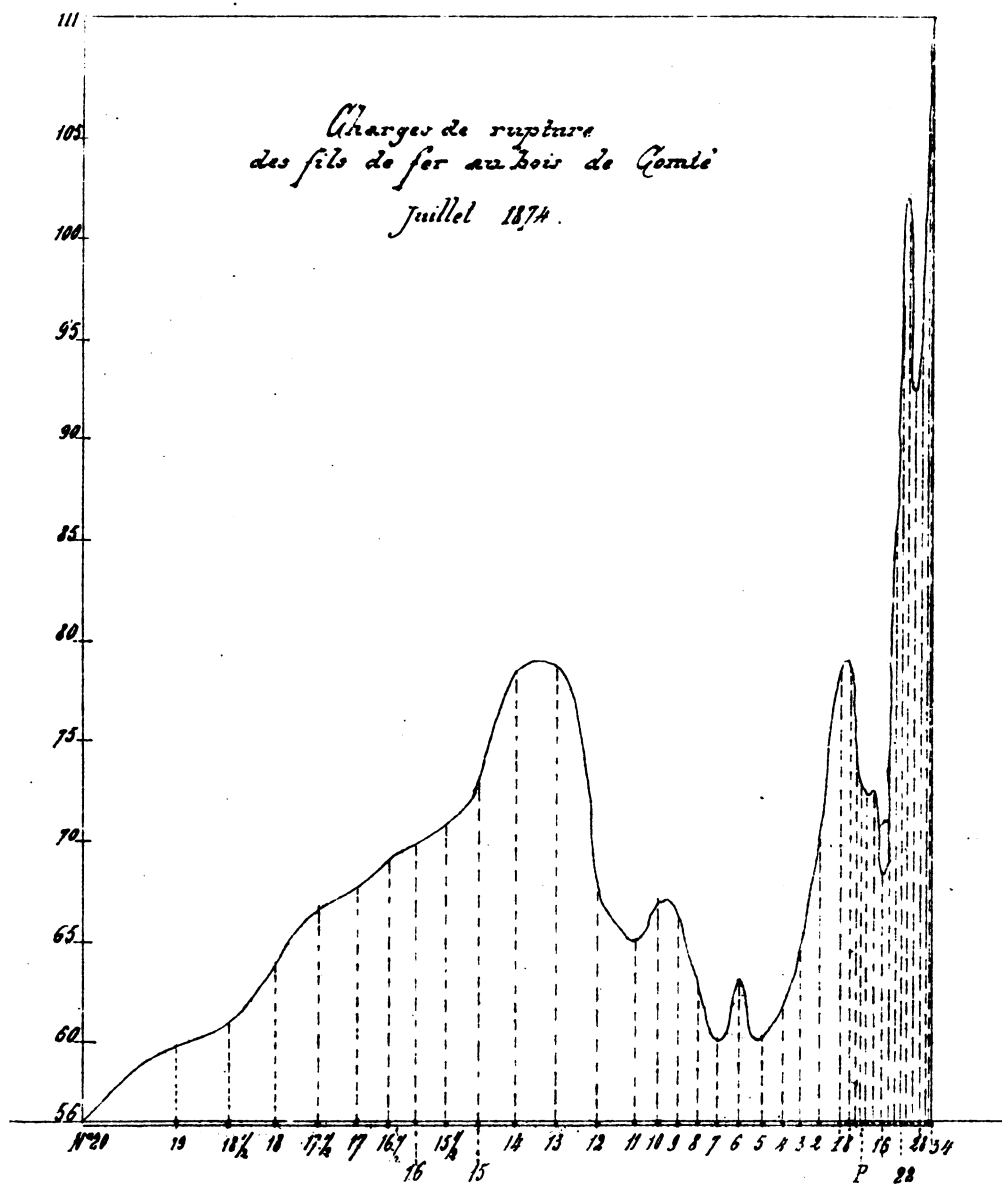
Monsieur le Président de la Société Scientifique de Marseille,

Dans l'espérance qu'ils pourront être de quelque utilité aux sociétaires, j'ai l'honneur de vous adresser les résultats d'essais soigneusement faits sur la résistance des fils de fer au bois, bonne qualité, de Comté.

Les moyens d'essais dont je dispose ne m'ont pas permis d'obtenir assez rigoureusement les résistances des fils de fer de diamètres supérieurs et inférieurs à ceux de la liste que je vous adresse, car on tréfile couramment depuis le n° 40 de la jauge de Paris (20 ^m/_m de diamètre) jusqu'au n° 40 de la jauge de l'Aigle (0.08 ^m/_m).

Il est facile de voir par le tableau et surtout par la courbe ci-jointe, que les n° de moindre résistance sont naturellement les plus voisins de ceux auxquels il est d'habitude de recuire; il est en effet d'usage en tréfilerie de recuire le fil vers les n° 20 et 18, 11, 6 de la jauge nouvelle; les fils carcasse qui se mesurent à la jauge de l'Aigle ne se recuisent pas et sont tréfilés depuis le n° 6 de la jauge de Paris jusqu'aux numéros les plus fins.

*Charges de rupture
des fils de fer au Bois de Comle
Juillet 1874.*



Il est inutile d'ajouter, Monsieur le Président, que je suis tout à votre disposition pour tous renseignements technologiques relatifs à l'affinage Comtois, à la tréfilerie, pointerie, fabrication des clous forgés et des ressorts en fils cuivrés.

Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de toute ma respectueuse considération,

D. Sévoz,

Résistance des fils de fer de Comté.

Jauge nouvelle de Paris 1857	DIAMÈTRES en 40 ^{es} de millimètre.	CHARGES de rupture par millimètre carré		DIAMÈTRES en 40 ^{es} de millimètre.	CHARGES de rupture par millimètre carré	Jauge carcasse de l'Aigle, N° 8	DIAMÈTRES en 40 ^{es} de millimètre.	CHARGES de rupture par millimètre carré
		kil.			kil.			
N° 20	44	56	N° 11	16	65	» 9	5.4	79
» 19	39	60	» 10	15	67	» 12	4.7	72.2
» 18 1/2	36.5	61	» 9	14	67	» 14	4.4	72.5
» 18	34	64	» 8	13	63	» 16	3.9	68
» 17 1/2	32	66.5	» 7	12	60	» 18	3.6	76
» 17	30	67.4	» 6	11	63	» 20	3.3	79
» 16 1/2	28.5	69	» 5	10	60.2	» 22	3	85
» 16	27	70	» 4	9	61	» 24	2.7	99
» 15 1/2	25.5	71	» 3	8	63.5	» 26	2.5	102
» 15	24	73	» 2	7	69	» 28	2.2	92
» 14	22	78	» 1	6	79	» 30	1.9	98
» 13	20	79	» P	5	74.5	» 33	1.6	100
» 12	18	68				» 34	1.5	111

FILTRATION DES EAUX

DESTINÉES A L'ALIMENTATION DES VILLES

Par **M. D. MONNIER**, ingénieur civil.



Deux procédés sont en usage pour enlever à l'eau les matières qu'elle tient en suspension, et la rendre limpide ; ce sont la décantation et la filtration.

La plupart des eaux de rivière ou de source abandonnent rapidement par le dépôt la plus grande partie des limons qu'elles charrient, mais une clarification complète exige en général un repos de plusieurs jours. Cette exposition prolongée dans les vastes bassins que nécessite l'emploi de ce procédé d'épuration, exerce le plus souvent une influence nuisible sur les qualités de l'eau, qui n'acquiert d'ailleurs, par la décantation, qu'une limpidité ordinairement incomplète ; aussi donne-t-on aujourd'hui la préférence au procédé de clarification par filtration.

Ce dernier procédé remplit, en effet, bien plus complètement que le précédent, le but qu'on se propose, car non seulement il est susceptible de fournir de l'eau parfaitement limpide, mais, résultat non moins important, il retient les fibres végétales et les animalcules qui sont en suspension dans l'eau en plus ou moins grande abondance. C'est ainsi qu'à Londres, où la filtration est pratiquée sur une grande échelle, on a reconnu que, pendant les mois d'été, lorsque l'eau est généralement le moins trouble, il arrive fréquemment que les filtres sont plus promptement hors de service qu'au moment des fortes crues, par suite de la plus grande proportion de matières organiques que les eaux tiennent en suspension à cette époque de l'année. Ces corpuscules bouchent très rapidement les pores des filtres en s'y coagulant, en même temps qu'ils y développent une végétation verte abondante.

La filtration est naturelle ou artificielle.

La filtration naturelle ne peut-être utilisée que dans un petit nombre de cas, car elle suppose que le lit du cours d'eau est formé de cailloux et de sable et que son courant est assez rapide pour entraîner les particules solides qui se déposent sur les couches filtrantes ; ces conditions sont rarement remplies et, comme il est d'ailleurs très difficile de déterminer *a priori* le volume d'eau qui pourra être fourni par un filtre naturel dont le débit est très variable, suivant le régime du cours d'eau qui l'alimente, il n'y a qu'un petit nombre de villes qui ont adopté ce système : les plus connues sont celles de Toulouse, Lyon, Angers, Gênes, Perth (Ecosse), Vienne (Autriche), Pesth (Hongrie),

La filtration artificielle, au contraire, est applicable partout et susceptible de fournir dans tous les cas des résultats satisfaisants avec une dépense relativement faible. C'est à Londres que ce procédé paraît avoir été employé avec succès pour la première fois sur une grande échelle ; il s'est généralisé depuis et on en trouve de nombreux exemples dans les distributions d'eau des principales villes d'Angleterre.

La filtration artificielle ne peut donner des résultats satisfaisants qu'à la condition de faire subir à l'eau une première épuration par la décantation. Partout où l'on a essayé de filtrer l'eau sans la décanter la filtration artificielle a échoué ; c'est à cette cause non moins qu'à l'insuffisance des filtres employés qu'on doit attribuer l'insuccès de ce procédé dans un certain nombre de cas.

Les dimensions des bassins de décantation à employer pour le dégrossissement de l'eau dépendent du volume à distribuer et du temps nécessaire à la précipitation de la majeure partie des limons, qu'il est facile de déterminer par l'expérience pour chaque cas particulier ; ce temps varie généralement de douze à vingt-quatre heures, suivant le degré de ténuité et la densité des matières en suspension dans l'eau.

Il convient d'avoir au moins trois bassins de décantation, un qui se vide, un second au repos et le troisième qu'on nettoie ou remplit. Connaissant le volume à débiter et le temps nécessaire à la précipitation des limons les plus grossiers, il est facile de déterminer la capacité minimum de ces bassins, On leur donne généralement une profondeur de 4^m,00 au moins, le radier s'incline de chaque côté vers un caniveau central auquel on donne une pente de 4 à 5 0/0 dans le sens de la longueur du bassin et aboutissant à la vanne de décharge. L'orifice du tuyau qui conduit l'eau décantée aux filtres est situé à environ 90 centimètres au-dessus du radier et à l'extrémité opposée

à l'arrivée de l'eau dans le bassin, qui a lieu au-dessus de l'orifice de décharge. Il reste donc à chaque manœuvre du bassin, une couche de boue très liquide qu'on évacue à des intervalles plus ou moins fréquents, suivant la nature et la proportion des sédiments.

L'eau décantée c'est-à-dire débarrassée de la plus grande proportion des limons qu'elle charriait est dirigée sur les filtres où elle se dépouille des matières qu'elle retient encore en suspension et en sort complètement limpide. Ce résultat ne peut être obtenu que si les filtres remplissent certaines conditions dans le détail desquelles je vais entrer.

Les ingénieurs anglais, qui les premiers ont étudié cette question avec le plus grand soin, admettent que la dimension la plus convenable à donner aux filtres est de 1 pied carré par demi pied cube d'eau à filtrer par heure, ce qui, en mesures françaises, équivaut à 6^m2,60 de filtre par mètre cube à filtrer par heure.

Le filtre doit être étanche; le radier est généralement formé d'une couche de 50 à 60 centimètres d'argile corroyée fortement damée, sur laquelle on établit un lit de béton hydraulique ou un carrelage de briques au mortier de ciment; les parois sont construites en briques ou en moellons avec mortier de ciment, et revêtues, extérieurement, d'une couche de 30 à 40 centimètres d'argile corroyée. Sur le radier et dans le sens de la longueur du filtre, on établit un tuyau en grès perforé de trous de 20^{mm}, et de chaque côté duquel viennent se brancher un certain nombre de tuyaux transversaux en grès également perforés qui partent du pied des murs longitudinaux; le diamètre de ces drains transversaux va en diminuant du centre aux parois; on calcule la section de ces drains d'après le volume de liquide qu'ils doivent débiter de façon que la vitesse de l'eau n'y dépasse pas (1 pied) 30 centimètres par seconde. Dans les filtres de grandes dimensions, le collecteur central est généralement construit en briques posées à sec et perforées jusqu'à environ 30 centimètres au-dessus du fond. On conçoit qu'il y a avantage à multiplier le nombre des drains transversaux pour répartir le travail aussi uniformément que possible sur les diverses parties du filtre; leur écartement ne dépasse généralement pas 3 mètres; le radier du filtre est en pente légère des parois vers le collecteur central et celui-ci est incliné vers l'orifice de sortie. L'ensemble du système de drains ayant été établi sur le radier, on remplit les intervalles de pierres cassées ou de cailloux dont les dimensions en trois sens soient comprises entre 5 et 10 centimètres, et qu'on a soin de débarrasser par le lavage de la terre et des impuretés qui peuvent les souiller. On continue

cette couche de pierres jusqu'à 60 centimètres au-dessus du radier ; sur ce premier lit, dont la face supérieure doit être parfaitement horizontale, on étend successivement trois couches de gravier, chacune de 15 centimètres d'épaisseur ; la première couche, qui repose sur le lit de pierres cassées, se compose de petits cailloux de la grosseur d'une noix, la seconde de cailloux de la grosseur d'une noisette, et la dernière, de petits graviers de la dimension d'un pois. Le gravier est préalablement lavé et l'on a soin de donner à chacune des trois couches une épaisseur uniforme dans toute leur étendue. Sur la dernière couche de gravier on étend 0^m.75 de sable fin de rivière purgé de terre, qu'on passe à la claie pour obtenir des grains de grosseur uniforme ; les parties les plus grossières sont mises au-dessus du gravier et le remplissage se fait par couches horizontales ; il est essentiel que chacune de ces couches soit formée de sable dont tous les grains aient sensiblement la même dimension, car autrement l'eau traverserait de préférence les points offrant le moins de résistance et certaines parties du filtre demeureraient inactives.

On voit que l'ensemble des matières filtrantes occupe une hauteur de 1^m.80 environ au-dessus du radier ; cette épaisseur semble à première vue inutile, puisque toutes les impuretés de l'eau s'accumulent à la partie supérieure dans une couche de 12 à 15 millimètres ; cependant cette épaisseur et les précautions indiquées pour la construction des couches successives, sont des conditions essentielles du bon fonctionnement de l'appareil ; elles ont pour but, d'une part, d'empêcher le sable fin d'être entraîné à travers les couches inférieures, et d'autre part, de répartir la masse d'eau aussi uniformément que possible dans l'ensemble du filtre, sans qu'il puisse se produire des veines liquides animées de vitesses très-différentes les unes des autres. Si la distance verticale qui sépare la couche filtrante supérieure des drains collecteurs était trop faible, l'eau aurait de la tendance à traverser le filtre au-dessus de ces tuyaux, et les parties intermédiaires resteraient inactives, tandis que l'épaisseur et l'uniformité de grosseur des couches de gravier et de sable assurent le fonctionnement régulier de toutes les parties de la couche filtrante, en divisant la masse d'eau en filets uniformes et sensiblement animés de la même vitesse.

A l'extrémité de chacun des drains transversaux et à celles du collecteur central, on fixe un petit tuyau vertical en fonte ou en tôle galvanisée de 8 à 10 centimètres de diamètre, qui s'élève jusqu'à la partie supérieure du filtre et sert au dégagement de l'air.

En Angleterre, les parois des filtres sont généralement inclinées de

45° à 30° sur l'horizontale ; mais dans les climats froids comme l'Allemagne du Nord et les États-Unis, les parois des filtres doivent être presque verticales, afin qu'il soit plus facile de briser la glace du tour à mesure qu'elle se forme et de l'empêcher de s'attacher aux murs. A Berlin et à Altona (près de Hambourg) on est arrivé ainsi à obtenir un service régulier, même lorsque la couche de glace atteint 60 centimètres d'épaisseur, en ayant soin, d'ailleurs, de maintenir constamment une hauteur d'eau de 1^m.20 au-dessus du sable. Il est clair qu'on ne peut songer à nettoyer ces filtres pendant les gelées, mais comme pendant les mois d'hiver les eaux sont généralement plus limpides et la consommation moins importante, on réussit à les faire fonctionner sans interruption.

Il est, du reste, facile de couvrir les filtres, de façon à les protéger non-seulement contre les grands froids, mais aussi contre les fortes chaleurs. Cette disposition a été adoptée pour la distribution d'eau de Galatz ; la couverture est formée d'arcs en planches de 20^m.00 d'ouverture espacés de 2^m.50, reliés entr'eux par des cours de pannes en planches de 3 centimètres d'épaisseur refendues en deux, sur lesquelles sera posée une couche de roseaux de 50 centimètres de hauteur. Cette toiture revient à un peu moins de fr. 7,50 le mètre carré de surface couverte, et il est permis de supposer qu'elle remplira le but qu'on s'est proposé.

Lorsqu'on fait arriver l'eau dans un filtre vide, on doit opérer avec beaucoup de précautions, autrement on risquerait de déranger les couches de sable et de gravier ; le procédé le plus simple consiste à faire usage d'un caniveau en bois ou en tôle de 30 cent. de largeur sur 50 cent. de profondeur, qu'on enterre dans le sable, de façon que les arêtes supérieures soient au niveau de la couche de sable ou un peu au-dessous. C'est par ce caniveau, qui s'étend sur toute la longueur, qu'on fait arriver l'eau avec une très faible vitesse, pour lui laisser le temps de se répartir uniformément dans toute la masse des matières filtrantes et d'en chasser l'air ; une fois le filtre rempli et le sable recouvert d'eau, on peut faire arriver celle-ci aussi rapidement qu'on le désire ; lorsqu'un filtre a été rempli, il est rare qu'on ait besoin de le vider complètement ; pour le nettoyer, on se borne à faire baisser le niveau de l'eau de 25 à 30 centimètres au-dessous du plan supérieur du sable ; après le nettoyage, on rétablit le niveau en prenant les précautions indiquées plus haut, mais l'opération est bien moins longue. Dans quelques usines, le remplissage se fait de bas en haut au moyen d'eau filtrée ; c'est évidemment la disposition la plus rationnelle.

Les matières arrêtées par le filtre se retrouvent à la surface du sable ; aussi, pour nettoyer le filtre suffit-il d'enlever une couche de 12 à 15 millimètres d'épaisseur au plus ; les parties inférieures ne sont pas atteintes par les impuretés de l'eau. La couche de sable ainsi enlevée est mise de côté pour être lavée et employée de nouveau, sauf dans le cas où le sable peut être obtenu à un prix assez bas pour que ce lavage ne présente aucun avantage. Le sable enlevé n'est pas remplacé à chaque nettoyage, mais seulement une ou deux fois par an, soit après une vingtaine de nettoyages. Après l'enlèvement de la croûte impure, la surface du sable est piquée au moyen de fourches, jusqu'à une profondeur de 15 à 20 centimètres, puis égalisée au moyen de rateaux. Divers procédés sont employés pour le lavage du sable impur ; le plus simple consiste dans l'emploi d'une cuve munie d'un faux fond percé de trous sur lequel on met le sable à laver ; en injectant de l'eau sous le faux fond, les impuretés sont entraînées par le courant qui traverse la masse de bas en haut ; on continue le lavage jusqu'à ce que l'eau sorte claire ; la perte de sable est de 8 à 10 % et le lavage coûte de 1 fr. à 1 fr. 10 par mètre cube lavé.

On comprend que lorsque le filtre vient d'être nettoyé, la couche de sable est traversée bien plus facilement que lorsqu'elle est déjà en partie obstruée par les impuretés qui s'y sont déposées ; la filtration se ferait dans de mauvaises conditions si l'on ne régularisait pas la vitesse avec laquelle l'eau traverse les couches filtrantes ; l'expérience a démontré qu'il était avantageux de prendre comme limites extrêmes de cette vitesse 0^m.20 et 0^m.10 par heure, la moyenne 0^m.15 par heure correspond au débit normal des filtres, tel qu'il a été indiqué plus haut (1 mètre cube pour 6^m.60 de surface de filtre). Si la vitesse dépasse 20 centimètres, il peut se produire des entonnnoirs dans la couche de sable, et dans ce cas, l'eau ne serait pas parfaitement filtrée ; lorsque d'un autre côté, la vitesse descend au dessous de 10 centimètres, le filtre ne fournit plus assez d'eau pour un travail régulier, et si on cherchait à accroître le débit en augmentant la charge d'eau sous laquelle s'effectue l'écoulement, on produirait des tassements dans le sable, ou bien on risquerait de voir l'eau se frayer des passages directs à travers les matières filtrantes. Il est généralement admis que l'on ne doit pas faire travailler les filtres sous une pression de plus de 1^m.20 d'eau, et lorsqu'avec cette charge la vitesse d'écoulement descend au-dessous de 0^m.10 par heure, on arrête le filtre pour le nettoyer.

On arrive facilement à régler le débit du filtre et à faire varier la

charge sous laquelle s'effectue l'écoulement au moyen de la disposition suivante. Le collecteur central du filtre vient déboucher dans un petit puits en maçonnerie étanche en tête du filtre, soit en dedans, soit en dehors ; ce puits, dans lequel prend naissance le tuyau abducteur de l'eau filtrée, est divisé en deux parties par une vanne verticale, dont l'arête supérieure forme déversoir et qu'on abaisse ou élève suivant qu'on veut augmenter ou diminuer la pression sur le filtre ; un tableau indiquant le volume qui s'écoule par le déversoir sous des charges variables, permet de déterminer très-rapidement le débit du filtre, et d'en régler la marche.

Le prix de construction des filtres varie naturellement dans les limites assez étendues suivant les circonstances locales, et suivant que les dispositions de détail en ont été plus ou moins économiquement étudiées ; leur prix en Angleterre varie de 18 à 30 shillings par yard carré, soit de 27 à 45 francs par mètre carré de surface filtrante ; si on augmente ces prix de 25 %, pour tenir compte de la surface supplémentaire nécessaire pour les nettoyages, on voit que la dépense d'installation des filtres varie de fr. 33. 75 à fr. 56. 25 par mètre carré de surface active, ce qui équivaut à une dépense d'installation de fr. 9. 25 à fr. 15. 50 par mètre cube d'eau à filtrer en 24 heures.

Comme les compagnies d'eau anglaises ne tiennent généralement pas de compte séparé pour les dépenses résultant de la filtration, il est assez difficile d'avoir des données très-complètes sur cette question ; ces frais dépendent principalement du plus ou moins de soin avec lequel l'eau est décantée dans les bassins de dépôt avant d'être envoyée aux filtres ; d'après les chiffres que j'ai eus sous les yeux, les dépenses de filtration s'élèvent généralement de fr. 1. 50 à fr. 2 par mille mètres cubes d'eau filtrée, pour frais de surveillance, main d'œuvre, lavage et renouvellement de sable.



SECTION D'ARCHITECTURE

Rapport sommaire sur ses travaux depuis sa constitution jusqu'à ce jour

Par **M. TURCAT**, Architecte.

Bien que constituée vers la fin de 1872, la Section d'Architecture n'a commencé à se réunir d'une façon à peu près régulière qu'en avril 1873.

Les réunions n'étaient d'abord que mensuelles, elles furent bientôt fixées à quinzaine.

Le premier travail que s'est proposé la section, but qu'elle a depuis lors poursuivi, est de rédiger une série de prix, calquée, pour l'ordre des matières seulement, sur la grande série de Paris, sagement modifiée, suivant le mode des travaux et les matériaux de Marseille, ainsi que suivant les prix de cette ville.

Cette série de prix sera rédigée pour la Ville; elle comprendra par conséquent les prix de matériaux, tels qu'ils sont payés dans la ville, avec la plus-value des droits d'Octroi et calculés sur des distances moyennes pour le prix des transports.

Cette série sera complétée par l'adoption de méthodes rationnelles de mensuration appliquées à tous les détails de la construction, afin de sortir des méthodes routinières usitées à Marseille, sur lesquelles personne n'est absolument d'accord, et qui sont variables suivant qu'elles s'appliquent entre ouvriers, ou de constructeur à propriétaire.

Ce travail comporte des détails énormes; il n'y a donc pas lieu de s'étonner, vu le peu de temps que chacun de nous peut y consacrer, qu'il ne doive être d'une certaine durée. Ce travail ne pourra marcher un peu rapidement que lorsque les premières bases arrêtées, chaque membre de la Section pourra y travailler individuellement.

Un essai de ce genre avait été tenté, mais trop tôt. Il a d'ailleurs bien servi pour collectionner une masse d'observations relatives au mode de mesurage à adopter.

La confraternité la plus parfaite existe parmi les membres de la Section, et tous égaux par le dévouement, ce n'est que pour l'ordre des travaux et pour la bonne direction des séances, qu'un bureau a été organisé.

Ce bureau se compose d'un Président, d'un Vice-Président, et de deux Secrétaires. La durée de leur fonction est de six mois.

A la première élection, ont été nommés :

<i>Président,</i>	M. ESPÉRANDIEU.
<i>Vice-Président,</i>	M. LÉON CAHIER.
<i>Secrétaires,</i>	MM. RICHARD et Jules BOUSQUET.

Le bureau, arrivé au terme de son mandat, il a été procédé à une nouvelle élection. En décembre 1873, on a nommé deux Vice-Présidents au lieu d'un.

Ont été élus :

<i>Président (réélu),</i>	M. ESPÉRANDIEU.
<i>Vice-Présidents,</i>	MM. CAHIER et LETZ.
<i>Secrétaires,</i>	MM. J. BOUSQUET et TURCAT.

Enfin, une troisième élection du bureau a eu lieu le 29 juin 1874. (C'est le bureau actuel).

Ont été élus.

<i>Président (réélu),</i>	M. ESPÉRANDIEU.
<i>Vice-Présidents,</i>	MM. L. CAHIER et TURCAT.
<i>Secrétaires (le nombre a été porté à trois),</i>	MM. Ed. BOUSQUET, REYNOARD et MIRANDE.

Dès le commencement de cette année, la Section d'Architecture ayant reconnu, par une foule de motifs, l'utilité de séances plus rapprochées, il fut décidé qu'elles auraient lieu le mercredi de chaque semaine.

Suivant les saisons, l'heure de ces réunions a changé, mais leur tenue hebdomadaire a été maintenue.

Sur la réclamation de plusieurs membres, le jour des réunions, a, depuis, été changé ; elles ont lieu maintenant tous les lundis.

Diverses séances de la Section ont été occupées par l'examen, soit de documents, soit de questions d'architecture légale, soit d'inventions qui intéressent les constructeurs.

Comme document, la Section a eu à s'occuper d'une lettre adressée à son Secrétaire par la Chambre Syndicale des ouvriers maçons, nous

Légende . _____

Aguille en fonte émaillée .

Aguille fixe avec scellement .

Pinet fixé sur la fonte fixe .

Agon de nettoyage .

Agon d'arrivée de l'eau

informant qu'elle a élaboré une série de prix des travaux de maçonnerie, et qu'elle a décidé de la soumettre à notre examen.

Ce document a été copié et déposé dans nos archives et une Commission a été nommée pour se mettre en rapport avec les délégués de la Chambre Syndicale; elle a fait son rapport et conclu à surseoir à l'examen de la série des prix jusqu'au moment où la Section d'Architecture aura arrêté elle-même ses prix de base.

Comme question d'architecture légale, la Section a eu à examiner la question de savoir à la charge duquel de deux propriétaires voisins est l'exhaussement des tuyaux de cheminée à adosser contre la partie exhaussée.

La Section a émis l'avis que celui des deux propriétaires qui exhausse le mur mitoyen n'est pas tenu d'élever les tuyaux de l'immeuble voisin adossés contre ce mur, mais, qu'au contraire, le propriétaire de ces tuyaux doit, s'il le veut, les exhausser lui-même à ses frais et tenir compte à son voisin des droits d'appuyage.

Enfin, comme question technique, la Section d'Architecture a nommé une Commission pour examiner le système nouveau de robinets pour évier de cuisine ou autre emploi de même nature, inventé par M. Chevret. Cette Commission a fait un rapport favorable à cette invention, lequel a été communiqué à la Société.

En résumé, la Section d'Architecture a affirmé son existence, et l'avenir prouvera sans doute que sa formation a été chose utile.

MARSEILLE, 12 Octobre 1874.

Le rapporteur,

TURCAT.

COMPTES-RENDUS
DES
SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE INDUSTRIELLE

Assemblée mensuelle du 9 Juillet 1874.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, lequel est adopté.

La parole est donnée à M. MASSIE pour exposer sa méthode d'analyse qualitative des huiles.

Cette méthode n'emploie que deux réactifs faciles à se procurer dans le commerce. Ce sont l'acide azotique ordinaire à 40° ou 32° BAUMÉ, et le mercure métallique.

M. MASSIE prend comme exemple l'huile d'olive ; pour reconnaître sa pureté, on verse dans un verre à expérience 5 grammes d'acide azotique et 10 grammes d'huile ; pour plus de simplicité, on peut se servir d'un petit flacon bouché à l'émeri, portant deux divisions , l'une, indiquant le volume que doit occuper l'acide azotique ; l'autre, celui de l'huile ; puis on agite dans le verre avec une baguette en verre, ou dans le flacon, en secouant les deux liquides pendant deux minutes entières ; cette durée de temps doit être rigoureusement observée. Ceci fait, on laisse reposer jusqu'à ce qu'il se soit formé deux couches parfaitement séparées. Avec l'huile employée, la couche supérieure était d'un blanc verdâtre, l'acide, à la partie inférieure, n'avait pas changé de couleur. Ce résultat indique que l'huile sur laquelle on a expérimenté était pure.

M. MASSIE fait la même opération avec l'huile de coton.

Cette fois, la couche huileuse est colorée en marron foncé.

L'acide est coloré en rouge clair marron.

Avec l'huile d'arachide, coloration de l'huile, abricot clair.

Avec l'huile de sésame, coloration de l'huile, orange.

Coloration de l'acide en vert, puis jaune safran.

Ces colorations sont toujours les mêmes pour les mêmes espèces d'huile.

Il peut arriver cependant que la coloration ne se produise pas, ou qu'elle laisse des doutes; ce cas se présente surtout avec les huiles anciennes, alors on a recours au réactif mercurique.

Dans le mélange fait de l'huile et de l'acide, on ajoute un gramme de mercure; 5 ou 6 minutes suffisent pour que la dissolution de celui-ci soit complète. On agite avec la même baguette, l'huile dans le réactif, trois ou quatre fois dans un délai assez rapproché, 3 ou 4 minutes.

On cesse d'agiter les deux liquides après ce temps, quand on ne veut produire que la coloration de la couche d'huile. On continue, au contraire, à remuer régulièrement toutes les dix minutes, si l'on veut en obtenir la solidification.

Avec les huiles colorables, la coloration se produit toujours sous l'influence du réactif mercurique. Cette coloration est persistante.

Avec les huiles non colorables, comme l'huile d'olive ou d'aman-des douces, s'il se produit une coloration elle disparaît sous l'effet de l'agitation.

S'il existait dans ces huiles une faible proportion d'huile de graine, la coloration ne manquerait jamais de se produire après 30 ou 40 minutes d'une manière très-évidente, et décelant la qualité de l'huile ajoutée.

L'huile se solidifie ensuite dans le verre; si c'est une huile grasse, elle ne se solidifie pas; si c'est une huile siccative, le temps que met l'huile pour sa solidification est variable pour chaque espèce, mais toujours identique pour la même huile.

Si la solidification d'une huile est retardée, c'est qu'elle a été additionnée d'une autre huile.

M. MASSIE a fait des tableaux synoptiques indiquant la coloration des différentes huiles sous l'action de l'acide azotique;

la coloration produite par le réactif mercurique;

le temps nécessaire à la solidification à $+ 15^{\circ}$ pour chaque espèce d'huile;

la densité à $+ 15^{\circ}$ de toutes les huiles; enfin leur degré de congélation.

Aux caractères ci-dessus permettant de reconnaître une espèce d'huile et sa pureté, M. MASSIE ajoute encore comme vérification la connaissance de la densité.

Pour cela, il a fait construire par M. BAUDIN, un densi-mètre de précision gradué à $+ 15^{\circ}$ comparé au volume d'eau à $+ 4^{\circ}$. Cet instrument est divisé de 900 à 975; chaque division représente 1 gramme.

Après avoir déterminé les densités de toutes les huiles, que M. MASSIE a trouvées différentes pour la plupart de celles adoptées généralement, et les avoir consignées dans le tableau indiqué plus haut; s'il existe un doute sur la pureté d'une huile, on prend la densité et on la compare à celle portée sur le tableau; il doit y avoir concordance, sinon l'huile essayée a été altérée par l'addition d'une autre huile.

La Société a reçu membre fondateurs :

MM. JAUFFRET J^{re}, architecte.

CRAVIO, V^{re}, entrepreneur.

GUITTON, Marius, essayeur.

Séance mensuelle du 13 Août 1874.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, lequel est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer la mort de M. E. Duclos, membre fondateur de la Société, constructeur de machines, décédé à l'âge de 48 ans, au moment où se faisaient en mer les essais de plusieurs appareils à vapeur nouveaux sortis de ses ateliers.

M. STAPFER, avant de décrire le grappin REBOUL, rappelle sommairement les appareils de ce genre employés jusqu'à ce jour. En Angleterre, certaines entreprises pour les recherches sous-marines ont été subventionnées et de ce pays viennent les principales inventions propres à recueillir au fond de la mer des échantillons, ou à y rechercher des objets tombés.

Le sondeur FITZ-GÉRALD, celui du BULL-DOG et le sondeur TOSELLI sont les principaux types de ces engins.

Le sondeur FITZ-GÉRALD, suspendu par une corde, consiste en une

cuiller dont le manche est muni d'un contre-poids. Quand l'appareil descend, la cuiller est dans la verticale au bas de l'appareil ; quand elle touche le fond, le choc met en mouvement un système de dé clic qui dégage le contre-poids; celui-ci, suivant les lois de la pesanteur, vient se mettre en prolongement de la corde ; la cuiller, entraînée par le mouvement, racle le fond en décrivant un demi cercle et vient s'appuyer sur une plaque fixe qui la ferme et empêche l'objet recueilli de s'échapper. Cet appareil est surtout destiné à étudier la surface du sol sous-marin.

Le sondeur du BULL-DOG est formé par deux godets demi-cylindrique articulés à charnière et munis de leviers en forme de ciseau ; un cylindre vertical, engagé entre les leviers, les tient ouverts tandis qu'un cercle ou anneau en caoutchouc tend à les rapprocher. En touchant le sol, le cylindre vertical enfilé sur la corde se renverse, abandonne les leviers, et les godets se ferment sous l'action de l'anneau en caoutchouc.

L'appareil TOSELLI est fondé sur un principe analogue ; il se compose de deux demi-sphères maintenues écartées par un cran d'arrêt et se fermant par leur propre poids. Le système de dé clic est différent, mais agit aussi automatiquement en touchant le sol.

Ces deux derniers engins ont l'inconvénient que, si un obstacle se met dans le joint des deux demi-cylindres, l'échantillon est souvent perdu en tout ou en partie, car l'effort qui rapproche les deux godets ou griffes est très-faible.

Le grappin REBOUL est formé par deux appareils placés à angle droit qui peuvent fonctionner soit simultanément, soit séparément. Le premier consiste dans un système de deux fourchettes à ciseaux. Les manettes en sont disposées de telle sorte qu'elles forment avec deux autres tiges égales un losange articulé. L'articulation inférieure est justement la charnière qui réunit les deux fourchettes ; l'articulation supérieure reçoit une tige verticale en métal attachée à la corde de suspension. Le poids de cette tige maintient les fourchettes écartées l'une de l'autre tant que l'appareil est suspendu par la charnière inférieure. Lorsque l'appareil touche le sol, on tire sur la première tige, les fourchettes se ferment et saisissent l'objet, d'autant plus énergiquement qu'il est plus lourd. En même temps peut fonctionner l'autre partie de l'appareil, qui consiste en deux griffes articulées, placées en angle droit avec les premières et maintenues ouvertes par une chaîne bifurquée ; quand on mollit cette chaîne, les griffes retombent par leur propre poids et complètent la fermeture de l'espace réservé à l'objet.

M. STAPPER pense que cet appareil, destiné à aller chercher au fond de la mer des objets déterminés ou des épaves, peut rendre des services, surtout en faisant guider la descente par les plongeurs. Au point de vue de la conception, il présente l'inconvénient d'avoir deux points de suspension, mais il ne serait pas difficile de combiner un déclic permettant d'agir avec une seule corde ou chaîne.

M. REBORL, présent à la séance, ajoute que le mode de suspension par deux tiges rigides a aussi ses avantages ; il permet de rouvrir les griffes d'en haut de sorte que l'appareil peut-être retiré si l'objet saisi est trop lourd ou trop adhérent au fond, avantage qu'on ne rencontre pas dans les outils analogues imaginés précédemment.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'à l'occasion de la polémique à laquelle a donné lieu la communication de M. MASSIE sur l'analyse des huiles, la Société a constitué une section de Chimie ; M. BOUQUET, président de cette section, se met à la disposition des membres de la Société ou des personnes étrangères intéressées dans la question pour recueillir les renseignements propres à amener une solution.

M. BOUQUET a la parole ; il lit la lettre adressée à M. MASSIE par M. ROUX et la réponse de M. MASSIE ; il annonce que la section de chimie va s'occuper de la question.

M. LE PRÉSIDENT fait observer que les industriels (fabricants d'huile et de savon) ainsi que les essayeurs de commerce, sont directement intéressés à la solution des difficultés que présentent les analyses de mélanges d'huile.

Il exprime l'espoir que, grâce au concours de ces divers intéressés, la Société arrivera à élucider cette question et à éviter ainsi bien des malentendus et des procès.

M. MASSIE dit qu'il se met personnellement à la disposition de la Société. Répondant à une objection de M. ROUX sur l'emploi du densimètre MASSIE, il fait remarquer que le densimètre ne donne une densité exacte que lorsque l'huile est pure, et que d'ailleurs pour une même huile, il n'a trouvé que de faibles différences entre les densités des diverses provenances. M. MASSIE dit qu'un mélange d'huiles n'est point indiqué par son densimètre, qui ne peut donner que le poids spécifique du mélange.

M. ROUX répond qu'au point de vue industriel une même huile présente, suivant la provenance et le plus ou moins de rancidité acquise, des variations assez étendues dans la densité, pour qu'on ne puisse assigner un chiffre absolu à cette densité. Les huiles industrielles ne sont point comparables aux huiles obtenues dans le laboratoire dans des circonstances exceptionnelles de pureté. De ce que

vient de dire M. MASSIE, il conclut que M. MASSIE ne s'est point occupé de la question de rancidité et des variétés de densités que présentent les huiles de diverses provenances et de même qualité, et qu'enfin M. MASSIE ne fait usage de son densimètre que pour la détermination de la densité et non pour le dosage qualitatif des diverses variétés d'huiles constituant un mélange.

M. LE PRÉSIDENT propose, pour élucider la question, de compléter la série des expériences faites par M. MASSIE. Il engage vivement les personnes intéressées à faire connaître à la Société les essais qu'elles auraient l'occasion de faire à ce sujet.

M. Roux affirmant de nouveau qu'on ne peut donner un chiffre absolu pour la densité d'une huile industrielle et en particulier pour celles de sésame dont les variétés sont au nombre de plus de vingt, M. le Président lui demande si, dans certains cas, on ne pourrait pas prendre comme étant une variété d'huile de sésame, un mélange d'huile de sésame et d'une autre huile, surtout si l'huile a été achetée en fûts après importation.

M. Roux répond, que les huiles n'étant fraudées qu'avec des huiles d'un prix inférieur, le cas de mélange ne peut guère se présenter pour les huiles de sésame.

Il est procédé au dépouillement du scrutin pour l'admission de M. ODDO présenté par MM. MARTEL et BARLATIER.

M. ODDO est admis.

Séance mensuelle du 24 Septembre 1874.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance qui est adopté.

M. le Président annonce la mort de M. Mouren, architecte, qui avait été reçu membre fondateur dès les débuts de la Société, en avril 1872.

M. STAFFER donne lecture d'une communication de M. Sévoz, ingénieur de l'usine de Fraisans, sur les essais à la traction faits à cette usine sur les produits de sa tréfilerie.

On tréfille couramment, dit-il, depuis le n° 40 de la jauge de Paris (20 mill. de diamètre) jusqu'au n° 40 de la jauge de l'Aigle (0^m 08 de diamètre); il est facile de voir, d'après la courbe des résistances à la rupture, que les numéros de moindre résistance sont ceux auxquels on a l'habitude de recuire, c'est-à-dire vers les n° 20 et 18, 11, 6, de la jauge nouvelle; les fils carcasse qui se mesurent à la jauge de l'Aigle ne se recuisent pas.

Les fils entre 4 et 1 millimètre de diamètre ont tous supporté des charges supérieures à 60 kilos par millimètre carré, ces charges de rupture s'élèvent ensuite d'une manière presque continue jusqu'à 80 kilos, pour les fils de $\frac{3}{16}$ de millimètre et atteignent 110 kilos pour le fil de 1 $\frac{1}{2}$ dixième de millimètre.

M. STAFFER ayant émis quelques doutes sur la certitude de ces dernières évaluations, en raison de la difficulté que présente le mesurage d'aussi petits diamètres, M. le Président ne croit pas qu'on doive attribuer à des erreurs de mesure les chiffres élevés de la fin du tableau, qui suivent du reste une proportion régulière; mais plutôt à une augmentation de densité de la matière par suite de l'écroutissage, et engage le Secrétaire à demander à M. Sévoz, quelques renseignements complémentaires à ce sujet.

M. GUIZAN, ingénieur de la Compagnie générale des pétroles, donne quelques détails sur l'incendie qui a détruit un magasin de bombonnes à l'usine de cette compagnie. En dessous de ces magasins se trouvent des bassins couverts doublés de plomb, qui contenaient à ce moment environ 650000 litres de pétrole brut et d'essence de pétrole. Les vapeurs qui se dégagent toujours lorsqu'on transvase de l'essence de pétrole ont dû se trouver en abondance inusitée sur le sol, le jour de l'incendie, où on avait vidé dans un des bassins 100 barils d'essence, la chaleur étant très-forte, et l'atmosphère calme.

Les vapeurs ont dû traverser le mur lézardé qui sépare ce hangar de la propriété voisine et pénétrer dans une fosse à porcs, où elles ont été enflammées par une lumière introduite accidentellement.

Aussitôt une explosion s'est produite suivie bientôt d'une deuxième plus forte sous le hangar, et d'une inflammation générale des bombonnes vides.

On craignit alors une explosion générale des cuves à pétrole dont la bonde était ouverte, mais on s'aperçut bientôt que le feu ne se propageait que très-lentement à l'intérieur, et il suffit de fermer le

trou d'homme avec une plaque de tôle recouverte de terre humide pour l'arrêter complètement.

Après la combustion de l'osier qui garnissait les bombonnes on a pu s'assurer que le déchet dans les cuves était insignifiant, ce qui prouve que les vapeurs de pétrole sont trop lourdes pour former un mélange détonnant dans les cuves même incomplètement remplies et que les cuves voûtées offrent toute sécurité.

M. D'HAUTHUILLE est prié d'analyser en quelques mots, la note communiquée par M^r Lagrafel, ingénieur de la Compagnie Fraissinet, sur le paquebot *Général Paoli*, construit par cette Compagnie pour le service postal de la Corse. Cette note, qui contient une description des chaudières à circulation, et de la machine à haute pression perfectionnée, sera publiée, avec dessins à l'appui, au prochain *Bulletin*.

Il est donné lecture d'une étude de M^r MONNIER sur les filtres construits en Angleterre et en Allemagne et spécialement à Galatz, pour la filtration de l'eau potable. Les proportions adoptées sont de 6^m,60 carrés de filtre par mètre cube à filtrer par heures. Le filtre doit être étanche ; le radier est formé d'une couche de 50 à 60 centimètres d'argile fortement damée, sur laquelle on établit un lit de béton hydraulique, ou un carrelage. Sur le radier, et dans le sens de la longueur du filtre, on établit un tuyau en grès perforé de trous de 20 millimètres avec embranchements transversaux calculés pour écouler l'eau avec une vitesse de 30 centimètres.

Les intervalles des drains sont remplis de cailloux de 5 à 6 centimètres, recouverts de 3 couches successives de 15 centimètres d'épaisseur formées de graviers de grosseur décroissante et d'une couche de 75 centimètres de sable fin de rivière, formant un ensemble de 1^m,80 au-dessus du radier.

La vitesse d'écoulement se règle en faisant écouler l'eau filtrée au-dessus d'un déversoir à hauteur variable. On maintient cette vitesse entre 10 et 20 centimètres à travers le filtre, et lorsque sous une charge de 1^m,20 la vitesse n'atteint plus 10 centimètres, on vide le filtre, pour changer ou nettoyer la couche supérieure de sable, qu'il suffit d'enlever sur 15 millimètres d'épaisseur.

M. MONNIER signale les précautions à prendre lorsqu'on remet l'eau dans le filtre pour ne pas déplacer les graviers, et l'intérêt qu'il y a le plus souvent à couvrir les filtres pour éviter la gelée ; les filtres de Galatz sont couverts en chaume.

M^r le Président annonce la constitution au sein de la Société de la section de Mécanique à laquelle le bureau a renvoyé l'étude de la

chaudière de Monsieur Lugand (chaudière verticale à flamme directe, avec écrans en terre réfractaire formant chicanes.)

Sont reçus Membres fondateurs :

MM. Ed. Baux, fabricant de briques réfractaires,
et Fréville ingénieur de la Compagnie Valéry.

et Membres associés :

MM. Marius Gazagne, directeur d'usine à Bari ,
Barthélemy Borelly, propriétaire à Oneglia.

Ouvrages reçus pendant le 3^o trimestre 1874 (Échanges)

De l'Association Scientifique de France :

Les n^o 347 à 360 de son Bulletin ;

de la Société d'Horticulture de Marseille :

Ses Bulletins de juillet et d'août 1874 ;

de la Société des anciens élèves des Ecoles d'Arts-et-Métiers :

Ses Bulletins de mai, de juin et de juillet 1874 ;

de la Société des anciens élèves de l'Ecole Centrale :

Ses Bulletins de juillet et d'août 1874 ;

de la Société des Ingénieurs civils de Paris :

Ses Mémoires d'avril à septembre 1874, et ses Bulletins de juillet, d'août et de septembre 1874 ;

de la Société Industrielle d'Amiens ;

Ses Bulletins de mai et de juillet 1874 ;

de la Société de Géographie de Paris :

Ses Bulletins de mai, de juin et de juillet 1874 ;

de la Société d'Agriculture des Bouches-du-Rhône :

Ses Bulletins de mai à septembre 1874 ;

de la Société des Sciences Industrielles de Lyon :

Ses Annales de février et de mars 1874 ;

des Annales Industrielles de Paris :

Les livraisons du 3^m trimestre 1874 ;

de la Revue maritime et coloniale :

Ses numéros de juillet, d'août et de septembre 1874 ;

de la Revue Industrielle de Paris :

Ses numéros de juillet, d'août et de septembre 1874 ;

de la Société française de photographie :

Ses Bulletins de juillet, d'août et de septembre 1874 ;

de la Société centrale des Architectes de Paris :

Ses Bulletins de juin, de juillet et d'août 1874 ;

de l'Union des Charbonnages de Liège :

Ses Bulletins de juin et de juillet 1874 ;

de la Société Industrielle de Mulhouse :

Ses Comptes-rendus de juillet et d'août et son Bulletin de juillet 1874 ;

de la Revue Universelle des Mines, de Ch. Cuyper :

Ses numéros de mai et de juin 1874 ;

des Annales du Génie civil :

Ses numéros de juillet et d'août 1874 ;

de la Société Industrielle du nord de la France (à Lille) :

Son Bulletin de mars 1874 ;

du Cercle des Mécaniciens Français de Marseille :

Son Bulletin de mars 1874 ;

La Société a reçu pendant le trimestre :

de M. ROZAN Fils :

Désargentation et raffinage du plomb au moyen de la vapeur d'eau ou de tout autre gaz coercible ;

de M. STAPFER :

Note sur les gouvernails à vapeur construits par E. Duclos et C^e ;

de M. LAGRAFEL :

Trois photographies de machines et chaudières des ateliers Fraissinet.

Liste des membres reçus pendant le 3^me trimestre 1874.

- Fondeurs* : MM. CRAVIO, Victor, entrepreneur de travaux publics.
» GUITTON, Marius, essayeur de commerce.
» JAUFFRET, architecte.
» ODDO Aîné, chirurgien-dentiste.
» BAUX, Édouard, fabricant de briques réfractaires.
» FRÉVILLE, ingénieur de la Compagnie Valéry.
- Associés* : MM. GAZAGNE, Marius, directeur d'usine à Bari (Italie).
» BORELLY, Barthélemy, propriétaire à Oneglia (Italie).
- Correspondant* : M. CATONI, professeur à Milan.



VARIÉTÉS

ASSÈCHEMENT DE CHARBONNAGES

Résumé du *Colliery Guardian* du 9 octobre 1874.

M. Henry Davey, de l'usine Sun Foundry, de Leeds, est chargé de construire des appareils d'épuisement pour des charbonnages west-phaliens. Deux machines compound différentielles, à condensation, de 300 chevaux seront placées à 270 mètres de profondeur pour fouler l'eau à la surface ; elles fourniront en même temps la force nécessaire à deux pompes à colonne d'eau placées au fond de la mine, à 90^m plus bas que les machines à vapeur, et destinées à relever l'eau jusqu'au niveau de celles-ci. Les chaudières seront placées à la surface du sol.

Par cette disposition on évitera le système encombrant, coûteux et incertain qui est habituellement usité ; les appareils hydrauliques travailleront tout aussi bien quand ils seront noyés, et leur commande se trouvera dans la chambre des machines à vapeur. Au besoin, les machines hydrauliques pourraient être placées dans un puits étanche partant de la chambre des machines.

Les machines d'épuisement seront assez puissantes pour actionner en même temps tous les travaux mécaniques souterrains.

P. E. B.

Extrait du *Colliery Guardian* du 4 septembre 1874

d'après le *Kilmarnock Standard* du 22 août 1874.

MM. Andrew Barclay and Son (Caledonia foundry) ont exécuté à Kilmarnock les machines suivantes pour la Compagnie houillère de Nitshill et Lesmahagow (puits de 365 mètres).

1° Machine d'extraction horizontale conjuguée, diamètres 0^m,80, course 1^m,80; soupapes de distribution de Cornouailles avec détente brevetée de Barclay. Au lieu de glissières il y a des parallélogrammes; cette application des parallélogrammes au guidage des tiges horizontales de piston a été faite par M. Barclay il y a 30 ans; une machine conjuguée de 0^m,50 de diamètre, ainsi construite pour la Compagnie houillère, travaille depuis 18 ans avec les mêmes bronzes.

Le tamboir de la machine d'extraction nouvelle a 4^m,80 de diamètre et fait en 30 secondes les 24 tours nécessaires pour parcourir le puits.

2° Machine d'épuisement compound brevetée; cylindres de 1^m,60 et 2^m,50 de diamètre, course 3^m,60. Le balancier en fer malléable a 16^m,20 de long, 1^m,80 de haut et 0^m,90 de large; il pèse 20 tonnes.

Les deux cylindres avec enveloppes, couvercles et bases, pèsent 86 tonnes. Les cylindres sont à double effet et munis, par cette raison, d'un balancier de contrepoids en fer malléable, pesant 25 tonnes, et portant à son extrémité une charge de 76 tonnes. Les pompes ont 0^m,60, essayées à 30 atmosphères; à 4 coups par minute, elles débiteront 250 mètres cubes d'eau par heure. Pour manœuvrer les pompes, il y a une machine horizontale conjuguée de 0^m,55 de diamètre, 1^m,20 de course, à parallélogramme et à tiroirs.

Les chaudières de l'installation sont au nombre de six, diamètre 2^m,25, longueur 7^m,80, à deux tuyaux intérieurs, organisées pour travailler à 4 atmosphères.

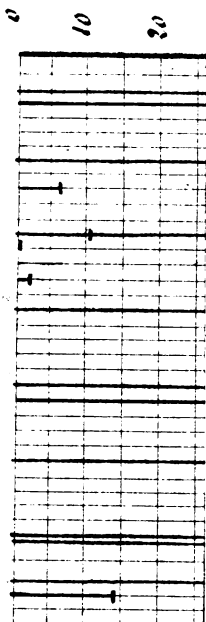
P. E. B.

L'un des Secrétaires, gérant :

F. ROUFFIO.

— 3^{me} Trim

148-45



20.

NOTICE

SUR LA

CONSTRUCTION DES BASSINS DE RADOUB DE MARSEILLE

Par **M. DENAMIEL,**

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSEES.



EXPOSÉ.

Les nouveaux bassins de radoub du port de Marseille ont été livrés au commerce au mois de juillet 1871.

Avant cette époque, les instruments de radoub se réduisaient à un dock flottant en charpente et à deux formes sèches en maçonnerie, construites provisoirement dans le canal de communication entre le vieux port et le bassin de la Joliette. Ces moyens, tout à fait insuffisants, firent décider la construction d'appareils de radoub définitifs dans l'anse dite de l'Attaque.

Le projet dressé en avril 1864, comprenait un bassin central sur lequel s'ouvriraient deux formes sèches et un appareil élévatoire du système Clark, avec un autre bassin au Nord pour recevoir les pontons chargés de navires par l'appareil Clark.

En 1867, il fut décidé que cet appareil serait remplacé par deux nouvelles formes en pierre. Ce changement se justifiait par le prix modéré des formes résultant des conditions favorables dans lesquelles elles devaient s'exécuter; d'ailleurs, dans les formes, les navires fatiguent moins que sur les pontons, par suite de la possibilité de les y accorer plus convenablement; enfin, les navires n'y sont pas sujets à être renversés par un coup de vent comme sur les pontons.

Le nombre des formes sèches a été porté ainsi à quatre, qui sont actuellement exploitées. En outre, il reste des surfaces disponibles pour en établir sept autres au fur et à mesure que les besoins du commerce l'exigeront. On pourra donc porter à onze le nombre total des formes groupées dans l'anse de l'Attaque.

L'emplacement affecté à ces ouvrages forme un rectangle de 745^m de longueur sur 280^m de largeur, comptée à partir du bassin National qui le borne à l'Ouest. Au Nord, s'élèvent les hauteurs du cap Pinède. Le côté Est de ce rectangle était coupé plusieurs fois par les sinuosités de l'ancien rivage, qui s'y élevait jusqu'à 21^m au dessus des basses mers. Ces hauteurs s'effacent au Sud où s'étendent des terre-pleins conquis sur la mer et qui offrent de grandes surfaces disponibles pour les constructions de toute sorte.

Le terrain était composé uniformément de couches à peu près horizontales d'argile très compacte, alternant avec des bancs de grès et semées de massifs irréguliers de poudingue. En somme, il formait une masse dure et peu perméable. Les déblais considérables à y creuser et les maçonneries soignées à y construire ne pouvaient s'exécuter qu'à sec.

A cet effet, l'emplacement des ouvrages a été entouré de batardeaux en béton, passant autant que possible sous les quais, de sorte que ce béton a servi plus tard à former le massif de ces quais.

Les travaux, qui ont commencé au mois de novembre 1864 et qui s'achèvent en 1873, comprennent principalement :

1° Des *Travaux préparatoires* : Construction de batardeaux et épuisements dans leur intérieur ;

2° Des *terrassements et maçonneries* : Arasement général à (+ 2^m,40) (1) de l'emplacement des ouvrages et de leurs abords ; construction de la passe de communication avec le bassin National et fondations de son pont-tournant ; construction du bassin central, de quatre formes sèches, des égouts et des bâtiments de la machinerie d'épuisement ;

3° Des *ouvrages en ferronnerie* : Bateaux-portes, machines d'épuisement et pont-tournant sur la passe.

(1) Dans le cours de cette Notice on désignera les hauteurs par des cotes entre parenthèses rapportées au niveau des basses mers, lequel est inférieur de 1^m,00 environ au niveau des hautes mers.

TRAVAUX PRÉPARATOIRES.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Dès l'origine, on a construit un batardeau général entourant l'ensemble des formes et des bassins projetés. Il se compose d'une branche longitudinale de 658^m de longueur qui se retourne d'équerre à ses extrémités pour venir s'enraciner au rivage par deux traverses de 160^m et 155^m de long.

Sur ce grand batardeau a été greffé plus tard un batardeau spécial entourant la passe d'entrée. Il avait 245^m de longueur.

Le développement total des enceintes en béton a atteint ainsi 4218^m. Elles ont été coulées par des fonds naturels de 0 à (—6^m) dans des fouilles descendues jusqu'à des cotes, variant entre (—0) et (—11^m). Leur épaisseur a été calculée moyennement à raison des 0,45 de la hauteur totale comprise entre le fond de la fouille et le couronnement à la cote (+ 2^m,40); elle varie depuis 2^m,20 jusqu'à 6^m. Le cube total des maçonneries de ces batardeaux s'est élevé à 25,800^m³.

Il a fallu des précautions continuelles pour mener à bien la construction de ces immenses ouvrages, dont la solidité et l'étanchéité étaient d'une importance capitale pour la suite des travaux.

FOUILLES ET COFFRAGES.

Les jetées du bassin National n'existant pas encore à l'époque de la construction du grand batardeau, le calme nécessaire pour ce travail n'était assuré que par une jetée en enrochements, établie parallèlement et à 60^m environ en dehors du grand côté du batardeau. Cette jetée, arasée à 2^m au-dessus de l'eau avec une largeur de 2^m en couronne, a été franchie maintes fois par les vagues du large qui ensablèrent les fouilles, disloquaient les coffrages destinés à maintenir le béton, et obligeaient ainsi à recommencer ces préparatifs.

La première opération consistait à creuser jusqu'au terrain résistant le lit de mer sur lequel on devait établir le batardeau. Dans la région Sud, les couches supérieures étaient formées de sable vaseux

qui a été extrait au moyen d'une drague à godets. Dans la région Nord on a trouvé, sur 2^m d'épaisseur moyenne, un mélange très serré de sable fin et de végétations marines enchevêtrées, dites *mattes*. Cette couche, trop résistante pour être entamée par les godets des dragues, a été extraite au moyen d'un ponton à dents et à cuillers, mû par une machine de la force de 8 chevaux. Cet engin a rendu d'excellents services : parfois il a amené des blocs d'enrochement atteignant 1^m³. Les fouilles étaient ainsi descendues jusqu'à ce qu'on découvrit le terrain solide qui était de l'argile dure ou quelquefois du poudingue.

Après cela, au moyen de pieux réunis entr'eux par des longrines et des traverses, on formait un premier échafaudage sur lequel on installait des dragues à treuil qui nivelaient les sillons creusés par le ponton à cuillers et nettoyaient à vif le fond de la fouille.

Puis avait lieu le battage de pieux placés avec soin, à des distances de 2^m,50 d'axe en axe, pour former le coffrage du béton. Ces pieux, de 0^m 30 d'équarrissage étaient battus au refus d'un mouton de 400 kg., ce qui leur donnait une fiche de 0^m,40 à 0^m,80 dans le terrain solide. Leurs têtes étaient reliées par des longrines et des traverses de même échantillon. Leurs intervalles étaient remplis par des vannages horizontaux de 0^m,08 d'épaisseur.

Enfin, immédiatement avant le coulage du béton, des ouvriers armés de scaphandres, descendaient dans le fond pour en faire un dernier nettoyage et, cette opération terminée, veillaient à ce que les vannages inférieurs reposassent bien sur le terrain nettoyé à vif.

CONFECTION ET COULAGE DU BÉTON.

Le béton était fabriqué aussi près que possible du lieu d'emploi.

Le mortier, composé de 400 kg. de chaux du Theil en poudre pour 1^m³,07 de sable non tassé, était broyé dans des manèges à vapeur.

Le béton était composé de 2 volumes de mortier pour 3 volumes de pierraille concassée à l'anneau de 0^m,06. Ces matières étaient mélangées à la griffe à dents sur des aires en planches.

Aussitôt fabriqué, le béton était chargé dans des caisses demi-cylindriques en tôle, s'ouvrant par le bas pour le coulage et jaugeant $\frac{1}{3}$ de mètre cube. On les portait contre le coffrage où elles devaient être versées, soit par mer, au moyen de bateaux ; soit au moyen de wagons, roulant sur des voies portées par des échafaudages. Une

grue roulant sur ces mêmes échafaudages et portant un treuil monté sur des rails transversaux, permettait de soulever les caisses, de les descendre sur le point précis où on devait les couler et, une fois vidées, de les ramener sur leur véhicule qui servait à les remporter.

Le béton était coulé par couches horizontales de 1^m de hauteur sur environ 15^m de longueur. On les superposait en ménageant une retraite d'environ 1^m de l'une à l'autre, de manière à terminer chaque reprise en gradins, devant lesquels le béton venait s'asseoir sans glissement lorsqu'on reprenait ultérieurement le coulage. Les laitances s'échappaient en partie par les joints des vannages ; le reste, poussé devant la couche en coulage, au fur et à mesure de son avancement, finissait par tomber au pied des gradins, d'où on l'enlevait soigneusement, soit au scaphandre, à l'aide de seaux ; soit au moyen d'une pompe Letestu.

Tous déchets et tassements compris, et il est entré dans les bétons 0^m3,562 de mortier par mètre cube de massif durci, soit 0^m3,037 de plus que la proportion (0^m3,525), calculée sur le volume du béton mesuré dans les brouettes au moment de sa fabrication.

Le béton, arasé à la côte (8^m,00), a été surmonté d'un mur en maçonnerie de 2^m,40 de hauteur sur 1^m d'épaisseur pour arrêter les hautes-eaux et soutenir les terre-pleins.

RÉSULTATS DONNÉS PAR LES BATARDEAUX.

L'épuisement du grand batardeau a été exécuté au mois d'octobre 1866, au moyen de deux norias à godets jaugeant un hectolitre chacun, de trois pompes rotatives et d'une pompe Farcot, mues par des locomobiles de 8 et 10 chevaux.

Après l'épuisement général, il a suffi d'une noria débitant ordinairement 6 litres par seconde, pour enlever toutes les infiltrations qui s'amassaient dans le chantier. Si on note que ce chantier avait 8^m de profondeur au-dessous des basses mers et un périmètre de 1876^m formé sur 1/4 de son développement par le rivage et sur les autres 3/4 par le batardeau en béton, on reconnaîtra, d'une part, que le système d'exécution des travaux a été bien justifié par la nature compacte et imperméable des terrains ; d'autre part, que l'étanchéité du batardeau a atteint toute la perfection qu'il était permis d'espérer. Cet heureux résultat, obtenu malgré les difficultés de tout genre de

cette immense entreprise, est dû aux soins attentifs et incessants qui ont présidé à la préparation des fouilles, à la confection des bétons et à leur coulage.

Le batardeau spécial de la passe est celui qui a été établi dans les plus grandes profondeurs ; elles varient entre 5 et 11 mètres au-dessous des basses mers. En outre, l'urgence des travaux qui devaient s'exécuter dans l'intérieur de ce batardeau a obligé d'y épuiser les eaux très peu de temps après le coulage du béton. Par suite de ces deux circonstances, des bétons récemment coulés y ont eu à supporter des pressions dépassant de beaucoup les limites ordinaires. Ces pressions ont atteint 3^{kg},60 par c. q. pour du béton âgé de 3 mois et 12^{kg},50 pour du béton âgé de 7 mois.

De tels efforts devaient déformer sensiblement les massifs de béton. En effet, les diverses parties droites ont fléchi comme des poutres sous les poussées extérieures ; ainsi, le bajoyer Nord de la passe a pris jusqu'à 80^{mm} de flèche à sa partie supérieure, soit presque le $\frac{1}{1000}$ de sa longueur, qui était de 84^m, entre les parties en retour. Les flexions ont été accompagnées de quelques fissures, les unes superficielles sur les parements qui se trouvaient étirés, d'autres traversant toute l'épaisseur du batardeau (une de ces dernières a atteint 12^{mm} de largeur). Ces accidents ont suivi avec une régularité remarquable la marche des épuisements, progressant quand on abaissait la nappe d'eau intérieure, stationnant quand son niveau était maintenu. Par prudence, ce niveau a été arrêté à la cote (—8^m,00) ; les fondations au-dessous ont été exécutées sous l'eau, ou bien à l'aide d'épuisements locaux de petite étendue. A partir de ce moment, le batardeau a fonctionné pendant plusieurs mois sans aucune déformation nouvelle.

Ces observations montrent combien on peut compter sur la solidité des bétons fabriqués avec la chaux du Theil, lorsqu'ils sont coulés sous l'eau avec les soins convenables. Aussi la démolition des parties de batardeaux qui fermaient la passe a-t-elle été des plus laborieuses : les pics s'y usaient sans résultat ; on n'a pu en venir à bout qu'à l'aide de petits pétards.

OUVRAGES DÉFINITIFS.

TERRASSEMENTS.

En même temps qu'on construisait le batardeau général, on faisait le dérasement à la cote (+ 2^m,40) des hauteurs qui bordaient les chantiers à l'Est.

La dureté des terrains a exigé l'emploi de la poudre par pétards chargés de 110 à 440 grammes. La densité des divers terrains atteignait 2,214 pour l'argile et 2,572 pour le grès. Les talus ont été coupés au 1/5. Ils sont restés nus sur les parties où le poudingue et le grès dominant, mais il a fallu revêtir d'un masque en maçonnerie la coupe d'une butte en argile qui se serait délitée par les alternatives de sécheresse et d'humidité. Ce revêtement a 18^m,50 de hauteur et seulement 0^m,96 d'épaisseur moyenne, soit le 1/20 de la hauteur.

Aussitôt après l'épuisement du batardeau général on a attaqué le creusement des bassins sur un grand nombre de points. Dix-neuf grues portant 25 treuils, dont 21 à bras et 4 à vapeur, ont été installées sur les quais Est et Ouest et sur un pont en charpente qui traversait le bassin central. Sous chaque grue on a foncé un puits d'où partaient des voies rayonnant dans diverses directions. Les déblais étaient chargés dans des caisses de 0^m3,60; chaque caisse reposait sur un wagon plat qui l'amenait sous la grue; les treuils élevaient les caisses, les portaient sur la voie installée sur le quai et les vidaient par basculement dans des wagons de 1^m3,80 de capacité. Ces wagons étaient trainés par des chevaux vers la partie ouest du chantier où on les déchargeait pour remblayer jusqu'à la cote (+ 2^m,40) en arrière de la digue extérieure en enrochements.

L'approfondissement a été exécuté d'abord jusqu'à la cote (— 4^m); puis il a été repris pour être descendu à la cote (— 8^m).

MURS DE QUAI.

Toutefois on n'aurait pu creuser jusqu'à cette profondeur au pied des batardeaux, qui ne descendaient qu'à des côtes variant entre (— 5^m) et (— 7^m) sans les déchausser d'une manière très dangereuse. Au niveau de leur fondation on a conservé une banquette en terre d'au moins 1^m de largeur et suivie d'un talus à 45°, cette banquette,

arrondie et revêtue d'un perré maçonné de 0^m,50 d'épaisseur, ne peut gêner en rien les navires. Elle a été exécutée successivement par petites longueurs sans occasionner aucun accident.

Des banquettes analogues ont été réservées au pied de quais en déblai pour diminuer les risques d'éboulement des terrains et le cube des maçonneries qui les revêtissent.

Au-dessus de la banquette, le quai est formé d'un revêtement de 1^m d'épaisseur moyenne en maçonnerie de moellons ordinaires, aussi bien devant le batardeau en béton que devant les déblais qui étaient coupés verticalement. Le parement de béton découvert par l'enlèvement des coffrages était trop defectueux pour être laissé à nu ; de nombreux arrachements assurent sa liaison avec le masque en maçonnerie. Le revêtement des terrains a été motivé par leur irrégularité et la crainte de leur dégradation.

Au-dessus des massifs de béton comme au-dessus des bancs de terrain dur, la maçonnerie n'est plus appliquée en revêtement, mais forme un mur de soutènement qui doit résister à la poussée des remblais. Dans cet étage, l'épaisseur du mur est calculée moyennement à raison des 0,36 de sa hauteur.

Au-dessus de l'eau, les quais sont parementés en pierres de taille de 0^m,50 de hauteur d'assise, avec une bordure de 1^m de largeur. Au niveau de l'eau, ils portent des chaînes en fer galvanisé, pour le sauvetage des personnes qui tomberaient accidentellement dans les bassins. Ils présentent de 20 en 20 mètres des organeaux en fer galvanisé logés dans des refouillements du parement, qui alternent avec des canons d'amarrage en fonte. Plusieurs bouées pour le touage des navires sont amarrées sur des anneaux ancrés dans des massifs en maçonnerie qui se trouvent noyés dans le fond du bassin au-dessous de la côte (— 8^m).

De nombreux escaliers facilitent les embarquements. Les musoirs et le quai sud de la passe, contre lesquels les navires sont poussés par le vent du Nord, sont garnis de défenses en charpente pour amortir les chocs qui pourraient avarier les navires et les maçonneries. Ces défenses, formées de pièces de 0^m,35/0^m,35, ont une épaisseur totale de 0^m,77.

Sur les quais, seront installées des grues hydrauliques formées d'une tourelle en fonte portant d'un côté la chèvre, de l'autre la cabane d'abri des mécanismes et de leur conducteur. On y établira aussi un grand trépied oscillant à vapeur (système de Southampton) de 60 tonnes de force, pour mâter les navires et transborder les chaudières.

FORME N° 1.

La longueur totale de la forme n° 1, entre ses parements extrêmes, est de 145^m aux fondations et de 141^m,50 au couronnement. Elle pourrait recevoir un navire de 132^m de longueur. Le plus grand qui y ait été réparé jusqu'à ce jour est le paquebot la *France*, de 130 mètres de long.

La tête amont de cette forme est occupée provisoirement par un bateau-porte qui la sépare du bassin destiné à la construction ultérieure de nouvelles formes.

L'extrémité aval est formée par la chambre du bateau-porte d'entrée. Il s'y trouve deux rainures, espacées l'une de l'autre de 5^m; celle de l'intérieur reçoit habituellement le bateau-porte; celle de l'extérieur sert en cas de réparation à la première, ou pour un navire exceptionnellement long.

Les bateaux-portes consistent en une coque étanche en fer, susceptible d'être échouée ou mise à flot sans le secours de pompes, par la simple addition ou la suppression d'un lest d'eau amovible. Cette opération se fait au moyen de vannes et de soupapes qu'on manœuvre de la passerelle qui couronne le bateau-porte.

Le radier de la chambre du bateau-porte aval est à la cote (—7^m,60). A la suite de cette chambre, le radier de la forme commence à la cote (—8^m); puis il se relève par une pente longitudinale de 0,0075, analogue à celle de la quille des navires, en sorte qu'il se termine à l'amont à la cote (—7^m).

Les principales dimensions des profils transversaux sont :

PROFILS CONSIDÉRÉS.	LARGEURS		FRUITS DES BAJOYERS.
	au couronnement.	au radier.	
Chambre du bateau-porte aval ..	25 ^m ,40	43 ^m ,00	0,62 uniforme
Forme proprement dite	25 ^m ,70	44 ^m ,60	0,05 avec banquettes

Ces profils se rapprochent autant que possible de ceux des navires, ce qui donne le maximum d'économie dans les frais de construction et dans ceux d'exploitation.

Les bajoyers de la forme, dont aucune partie ne se projette en saillie sur le profil de la chambre du bateau-porte, sont coupés par

trois banquettes horizontales de 1^m,20 de largeur, utiles pour la pose des épontilles d'accorage et pour la circulation. Au pied des bajoyers règne une dernière banquette de 1^m,80 de largeur qui suit la pente longitudinale du radier à 0^m,30 au-dessus de lui. Des escaliers relient ces diverses banquettes avec le haut et le bas de la forme aux extrémités et au milieu de sa longueur.

Le radier présente deux pentes transversales de 0,017 qui aboutissent à une rigole centrale d'égouttement. Celle-ci passe sous les tins en charpente, placés de 2^m en 2^m entre des dés en pierre de taille et dont la hauteur (1^m,10) permet de réparer le dessous de la coque des navires.

Les bajoyers portent de nombreuses boucles et des canons pour les amarrages. Sur le conronnement est établi, à l'entrée de la forme, un fort treuil à bras, permettant de haler un navire qui voudrait entrer dans la forme malgré un vent contraire.

Deux fosses, descendant à la côte (—11^m,60) sont ménagées dans le radier à l'aplomb du gouvernail des navires de diverses longueurs que la forme peut recevoir. Ces fosses permettent de descendre le gouvernail tout d'une pièce, autant qu'il est nécessaire pour le dégager de la jaumière ; elles dispensent ainsi de former la mèche du gouvernail de deux pièces assemblées, ce qui est une cause de faiblesse.

DÉTAILS SUR LES MAÇONNERIES.

L'épaisseur des maçonneries est de 2^m,50 au radier et dans les parties les plus faibles des bajoyers. Les plus grands soins ont été apportés à leur exécution.

Les mortiers étaient composés de 400 kg. de chaux blutée du Theil pour 1^m³,07 de sable non tassé. Ce poids de chaux dépasse un peu celui qui donne la quantité de chaux en pâte nécessaire pour remplir les vides du sable, condition essentielle pour assurer l'étanchéité des maçonneries.

Exceptionnellement, on a employé des mortiers de ciment, dont le dosage était fixé d'après le même principe à 470 kg. de ciment pour 1^m³ de sable non tassé.

Pour assurer d'une manière positive la provenance et le dosage des chaux et ciments, ces matières étaient achetées à part et fournies par l'administration au moment de fabriquer les mortiers.

Les bordures des maçonneries sont en pierre de taille de Cassis, arrondie sur les arêtes, pour éviter les épaufures. Les parements vus

sont en moellons smillés de 0^m,25 de hauteur d'assise. Les massifs en moellons de calcaire vif très irréguliers.

On a réagi contre la tendance des maçons à araser sans cesse leur ouvrage en garnissant de débris les vides entre les pointes hérissées des gros moellons, afin de poser l'assise suivante sur un lit uniformément horizontal. Cette pratique, admissible pour des maçonneries qui n'ont à supporter que des charges verticales, était vicieuse pour des massifs qui doivent résister à des infiltrations tendant à les traverser et à des poussées souvent très inclinées. On a fait poser les moellons à la demande des vides irréguliers, de manière à faire liaison dans tous les sens et à allonger le chemin à suivre par les eaux, en supposant qu'elles pussent traverser les mortiers. La consommation de mortier a atteint 0^m³,45 par mètre cube de maçonnerie ainsi exécutée.

Les maçonneries ont été exactement appliquées contre le terrain dur décapé à vif, nettoyé et bien lavé au moment même de maçonner.

Partout où se montraient des suintements, le mortier de chaux du Theil était remplacé par du mortier de ciment sur 0^m,80 environ d'épaisseur pour éviter le délavage et l'infiltration des eaux avant le durcissement.

En outre, on réservait des voies à l'eau par des drains ménagés entre la maçonnerie et le sol ; ces drains convergeaient en patte d'oie vers un collecteur débouchant à l'air libre par une barbacane ou un puisard ; au besoin, ce puisard était maintenu à sec, de manière à préserver les maçonneries de toute sous-pression avant la prise complète des mortiers. Ces issues n'ont été tamponnées qu'au moment d'introduire les eaux de la mer dans les bâtardeaux.

Au-dessus du terrain dur, sur la hauteur des bajoyers contre laquelle devaient être rapportés des remblais, ils ont été revêtus extérieurement d'un enduit de 0^m,02 d'épaisseur en mortier de ciment pour les préserver de l'action directe des infiltrations.

Enfin, pour arrêter les infiltrations qui pourraient pénétrer dans les maçonneries malgré toutes ces précautions et pour les empêcher d'arriver jusqu'au parement vu, on a établi dans l'épaisseur des bajoyers une cloison en briques tubulaires placées bout à bout de façon à former une surface drainante qui débouche dans un égoût entourant la forme dans la partie inférieure de ses bajoyers. Cette cloison ne diminue pas trop la stabilité des bajoyers pourvu qu'on ait la précaution d'employer des briques de première qualité, mouillées à saturation et bien exactement appliquées contre le mortier sans air em-

prisonné. La couche de maçonnerie entre la cloison et les terres doit avoir au moins 0^m,80 d'épaisseur pour résister suffisamment aux infiltrations qui, sans cela, arriveraient trop abondantes aux drains et à l'égoût, et augmenteraient ainsi les frais d'épuisement.

Grâce à l'observation minutieuse de toutes ces précautions, la forme n° 1 fonctionne de la manière la plus satisfaisante. Ses bajoyers ne présentent d'autre humidité que celle qui pénètre leur parement vu, quand la forme est pleine, et qui en est exprimée après l'épuisement lorsque ce parement se trouve comprimé par les poussées venant de l'extérieur. Pour une surface totale de parements vus, qui atteint 6,000^{m²}, la totalité des infiltrations atteint à peine 0^{lit},183 par seconde.

FORMES 2, 3 et 4.

Les formes 2, 3 et 4 présentent des dispositions analogues, sauf que leur tête amont est fermée par un hémicycle en maçonnerie. Le tableau ci-après résume leurs principales dimensions.

ÉLÉMENTS CONSIDÉRÉS.		FORME N° 2.	FORMES N° 3 et 4.
Longueur maxima des navires admissibles.....		106 ^m ,50	86 ^m ,50
Longueur des maçonneries.	Chambre du bateau-porte...	12 ^m ,50	12 ^m ,50
	Bajoyers droits.....	83 ^m ,72	66 ^m ,99
	Rayon de l'hémicycle.....	13 ^m ,78	10 ^m ,51
Total entre les arêtes du couronnement.....		110 ^m ,00	90 ^m ,00
Epaisseur de l'hémicycle et empâtement.....		3 ^m ,41	4 ^m ,06
LONGUEUR TOTALE DES FONDATIONS.....		113 ^m ,41	94 ^m ,06
Largeurs au radier, Chambre du bateau-porte....		13 ^m ,435	10 ^m ,44
d° entre les bajoyers.....		11 ^m ,60	8 ^m ,40
Largeurs au couron ^t , Chambre du bateau-porte..		22 ^m ,02	16 ^m ,60
d° entre les bajoyers.....		25 ^m ,56	19 ^m ,02
Fruits des bajoyers.	Chambre du bateau-porte...	0,754 et 0,50	0,342
	Forme propr ^t dite avec 4 banq.	0,05	0,05
Profondeurs du radier.	Chambre du bateau-porte...	(— 6 ^m ,60)	(— 6 ^m ,60)
	Forme propr. dite — aval...	(— 7 ^m ,00)	(— 7 ^m ,00)
d° amont.		(— 6 ^m ,00)	(— 6 ^m ,265)

EXTENSIONS ULTÉRIEURES.

Les sept formes complémentaires seront exécutées au fur et à mesure que les besoins du commerce les rendront nécessaires. Pour faciliter ce travail, on a déjà réservé dans le mur de quai sud l'entrée de deux de ces formes comprenant la rainure extérieure du bateau-porte. Il suffira donc, lorsqu'on voudra construire ces formes, d'échouer le bateau-porte dans cette rainure pour avoir un batardeau derrière lequel on pourra aussitôt épuiser et exécuter tous les travaux nécessaires.

Sur les points où il restera de l'espace disponible en prolongement des formes, on se propose de les terminer à l'amont par un simple mur transversal, moins agréable à l'œil qu'un hémicycle, mais moins coûteux et plus facile à démolir si plus tard de nouveaux allongements des navires venaient à exiger l'allongement des formes.

Au lieu de partager les bajoyers du bateau-porte en deux étages de fruits différents, comme dans la forme n° 2, on leur donnera sur toute la hauteur un même fruit aussi grand que possible, comme dans la forme n° 1, ce qui diminue la hauteur dont il faut relever le bateau-porte pour le dégager des rainures en pierre.

SYSTÈME D'ÉPUISEMENT.

Contre chaque forme se trouve un puisard dont une vanne ferme l'entrée quand la forme est pleine d'eau. Lorsque la vanne est levée les eaux des rigoles d'égouttement du radier et celles des égouts de la cloison drainante tombent dans le puisard, et de là dans un égout qui les conduit aux machines d'épuisement installées à l'angle N.-E. du bassin central.

Cet égout se compose de deux branches : l'une, à 15°, 285 en arrière de l'arête du quai Nord reçoit les eaux des formes 1 et 2, et plus tard recevra aussi celles de la forme supplémentaire à construire derrière ce quai. L'autre, à 15°, 285 en arrière du quai Sud, reçoit les eaux des formes Sud. A l'angle Sud-Est du bassin central, cette conduite se retourne à angle droit pour longer le quai Est, à 6°, 85 en avant de son arête, jusqu'à la machinerie.

Les branches Nord et Sud sont formées de tuyaux en fonte de 1 mètre de diamètre qui ont été posés dans une galerie souterraine, après quoi l'on a bourré de maçonnerie les intervalles entre le tuyau et les parois de la galerie. La branche Est est formée par un aqueduc en briques de 1^m de largeur et de 1^m,30 de hauteur sous la clef, qui a été construit au fond d'une tranchée et ensuite recouvert de remblais jusqu'au niveau du fond du bassin ; on peut y descendre par deux puits situés en arrière du quai voisin.

Ces égouts débouchent dans un puisard fondé à la cote (— 12^m,25) qui est divisé en deux étages par un solide plancher en fonte sur lequel sont fixées les pompes. Celles-ci sont au nombre de quatre, centrifuges et actionnées chacune par une machine à vapeur indépendante. Une machine unique aurait consommé moins de combustible, mais elle aurait été sujette pour réparations à des chômages inadmissibles à cause des pertes énormes qu'ils auraient occasionnées.

La vapeur se produit dans six chaudières horizontales de 6^m,12 de long sur 2^m,16 de haut. Chacune renferme 170 tubes pendentifs, démontables, dans lesquels l'eau circule autour d'un diaphragme plan mobile. Elles présentent une surface de chauffe totale d'environ 280 mètres carrés.

Chaque machine est de la force de 40 chevaux, à haute pression, à condensation, avec un tiroir de détente réglé par une coulisse Stephenson. Deux grandes courroies, qui embrassent les volants de la machine, transmettent leur rotation à des poulies calées sur l'arbre de la pompe placée au-dessous.

Le diamètre des poulies est le 1/4 de celui des volants. Elles font de 240 à 360 tours par minute. Le disque à aubes a 0^m,95 de diamètre ; les tuyaux d'aspiration et de refoulement ont 0^m,56 de diamètre. L'axe des pompes est établi à la cote (— 5^m,50).

Les pompes rotatives ont été préférées aux pompes ordinaires à piston à cause de la simplicité plus grande de leurs organes et de l'économie de leurs frais de premier établissement. Cette considération, secondaire pour des machines à marche continue, est importante pour celles des bassins de radoub qui ne seront guère allumées que 1/10 du temps. En outre, pour une même vitesse de marche, les pompes rotatives débitent d'autant moins d'eau que la hauteur d'élévation est plus grande ; cette propriété, que ne possèdent pas les autres systèmes, diminue la différence entre les travaux utiles qui correspondent à une même vitesse lorsque la hauteur d'élévation augmente ; c'est un avantage sérieux pour les bassins de radoub où

la hauteur d'élévation croît de 0^m,50 à 8^m,50 entre le commencement et la fin d'une opération.

Enfin les pompes des bassins de radoub sont munies d'une garniture, inventée par M. Barret, pour empêcher toute rentrée d'eau entre le disque et l'enveloppe de la pompe. Ces rentrées, qui se produisent après un court service par l'usure des surfaces frottantes, diminuent le rendement jusqu'au point de l'annuler si on ne renouvelle ces surfaces. La nouvelle garniture a augmenté d'environ 30 p. 0/0 le rendement de pompes fonctionnant depuis trois mois dans les anciens bassins de radoub de Marseille.

La machinerie que nous venons de décrire est capable d'élever 100,000^m³ d'eau à une hauteur moyenne de 4^m,50 par jour de 10 heures, ce qui permettra au besoin d'épuiser 8 formes dans une journée. Cette puissance énorme a pour objet d'abrégier autant que possible la durée des épuisements, ce qui importe beaucoup, maintenant que les navires se réparent si rapidement, grâce à l'emploi de peintures siccatives pour leur carène. On arrive à faire aujourd'hui 240 opérations par an dans une forme, tandis qu'avant on n'en faisait guère que 120.

PONT-TOURNANT.

La voie de fer qui longe les ports franchit la passe d'entrée des bassins de radoub, dont la largeur est de 28^m, sur un pont-tournant en fer d'une seule travée de 62^m de longueur totale. En outre de la voie ferrée, ce pont présente une voie charretière et une passerelle extérieure pour les piétons. Sa largeur totale est de 15^m,94.

Le tablier mobile, dont le poids atteint 700 tonneaux, effectue sa rotation sur deux galets de culasse et sur un pivot central soulevé par de l'eau comprimée à 270 atmosphères.

Ce pivot repose sur une tour en maçonnerie qui a été construite à sec dans l'intérieur du batardeau de la passe. Elle a 9^m,50 de diamètre à son couronnement, qui est formé de pierres de taille de fort appareil ; elle présente deux contre-forts pour recevoir, quand le pont est en service, les extrémités du chevêtre dont il va être parlé. Elle repose sur un empâtement à peu près carré de 12^m,50 de côté, qui est assis sur l'argile dure à la cote (— 8^m,30). Le rail circulaire des galets de culasse ainsi que les socles de divers mécanismes moteurs

reposent sur des massifs en béton fondés eux-mêmes sur des pieux qui descendent jusqu'à 10^m au dessous du terre-plein.

La charpente du tablier est formée d'entretoises espacées de 1^m,30, portées par trois fermes principales, qui ont 3^m,75 de hauteur au droit du pivot et 1^m,50 à leurs extrémités. L'âme de ces fermes est simple et en treillis, sauf la partie au droit du pivot qui est pleine. Un fort chevêtre transversal reporte leur poids sur le pivot de rotation.

Ce pivot est le plongeur en fonte d'une presse hydraulique verticale de 0^m,58 de diamètre. Pour le cylindre de la presse, on a rejeté la fonte comme présentant une résistance trop incertaine sous une grande épaisseur; il est en fer forgé de 0^m,160 d'épaisseur. Son fond est mobile et d'un diamètre un peu plus faible que celui du plongeur afin que le cylindre ne tende pas à suivre le plongeur dans sa montée. L'étanchéité de la presse est assurée en haut et en bas, par deux garnitures en cuir embouti. La presse est maintenue dans une position invariable par une chaise en fonte à large base dans laquelle elle est assujettie au moyen de clavettes en fer forgé.

Les accumulateurs de la Compagnie des Docks fournissent de l'eau à 52 atmosphères de pression. On n'aurait pu soulever le pont directement au moyen de cette eau sans donner à la presse un diamètre excessif. On y a obvié en faisant agir l'eau des Docks sur une petite machine rotative à trois cylindres donnant le mouvement à deux pompes qui compriment l'eau à 270 atmosphères. Si l'eau des Docks venait à manquer les pompes seraient mues à bras d'hommes.

En service le pont s'appuie : à l'extrémité de la volée, sur trois rouleaux en fer forgé qui permettent sa dilatation; à l'extrémité de la culasse, sur trois coins de calage qu'on manœuvre simultanément au moyen d'une barre qui les réunit; enfin, dans sa partie centrale, sur le chevêtre posé lui-même sur les sommiers en pierre de taille.

L'ouverture du pont comprend trois périodes successives : 1° On introduit de l'eau comprimée sous le pivot jusqu'à ce que la volée soit entièrement dégagée de son appui, ce qui exige une montée du plongeur d'environ 0^m,15; 2° On décale les coins de culasse à l'aide d'une petite presse *ad hoc*, de façon à faire porter les galets de roulement sur leur rail circulaire; 3° On produit la rotation au moyen d'une presse attelée à l'extrémité d'une chaîne qui embrasse une couronne fixée sous le tablier. Les mêmes manœuvres se répètent dans l'ordre inverse pour la fermeture.

Le poids des matériaux qui entrent dans la construction du pont et de son mécanisme se décompose ainsi :

Bois.....	100 Tx.
Fers.....	320 »
Fonte, 1 ^{re} fusion.....	200 »
» 2 ^{me} »	100 »
Divers.....	30 »
TOTAL.....	<u>750 Tx.</u>

On voit par là que ce pont mobile est un des plus considérables qui aient été construits.

MÈTRE. — DÉPENSES.

Le tableau ci-après résume en chiffres ronds les quantités et les dépenses relatives aux travaux des bassins de radoub, leur répartition approximative entre les divers ouvrages exécutés ou préparés pour l'avenir, enfin quelques prix moyens qui ressortent de ces dépenses.

Si on rapproche les résultats relatifs aux deux types extrêmes, on remarque qu'en passant des petites formes à la grande, le prix de revient par mètre courant de longueur utile augmente depuis 5.900 fr. jusqu'à 8.180 fr., tandis que le prix par m³ de capacité (en eaux moyennes) diminue depuis 56 fr. 60 jusqu'à 52 fr. 30.

Les dépenses, dont le total atteint 8.000.000 fr., ont été supportées savoir : 3.000.000 fr. par l'État et 5.000.000 fr. par la Compagnie des Docks et Entrepôts de Marseille, à qui l'exploitation des formes sèches, construites et à construire, est concédée pour quatre-vingt-dix-neuf ans.

INDICATION DES OUVRAGES.		QUANTITÉS TOTALES.	D É P E N S E S							
			ENSEMBLE.	PASSE ET PONT.	BASSIN CENTRAL (a)	FORME 1.	FORME 2.	FORMES 3 et 4.	OUVRAGES ULTÉRIEURS.	Machinerie (b).
			FR.	FR.	FR.	FR.	FR.	FR.	FR.	FR.
I. — Travaux locaux.										
Déblais à sec.....	403.000 ^{as}	2.006.850	70.080	1.393.000	137.430	120.350	119.180	96.800	50.000	
Maçonneries.....	97.000 »	1.861.610	119.460	283.250	432.930	332.500	468.340	54.000	169.040	
Pont, machineries, bateaux-portes.....	2.000 ^r	1.039.300	360.000	»	176.000	90.000	127.560	»	285.740	
Bois, fers, divers.....	»	144.940	19.730	15.230	16.000	13.230	20.750	»	60.000	
TOTAUX.....		5.032.700	569.270	1.693.480	782.360	556.090	735.830	150.890	561.780	
II. — Travaux généraux.										
Déblais sous-marins.....	22.000 ^{as}	220.040								
Maçonneries.....	25.800 »	901.200								
Epuisement et divers.....	»	236.300								
TOTAUX.....		1.357.540	106.000	320.000	146.000.00	105.000	140.000	435.540	105.000	
Abords.....	128.000 ^{as}	291.580								
Maçonneries.....	6.200 »	114.200								
Empierrements et divers.....	»	106.570								
TOTAUX.....		515.350	41.000	121.000	56.000	40.000	53.000	163.350	41.000	
Frais généraux.....		680.810	63.730	215.520	95.640	68.910	91.170	76.620	69.220	
		393.600	»	300.000	»	»	»	93.600	»	
III. — Indemnités de terrain.										
Déblais.....	553.000 ^{as}									
Maçonneries.....	129.000 »									
Ferronneries.....	2.000 »									
Bois.....	»									
Totaux généraux.....		8.000.000	780.000	2.650.000	1.080.000	770.000	1.020.000	920.000	780.000	
Résultats.										
Périmètre du bassin. Longueurs utiles des formes.....				915 ^m	132 ^m	106 ^m .50	86 ^m .50	(c) Non compris les grues hydrauliques et le treuil ou câble à vapeur.		
Surfaces d'eau rapportées aux eaux moyennes, cote (+ 0 ^m .40).....				47.610	3.177	2.149	1.480	(d) Y compris les bureaux et bâtiments d'exploitation.		
Cubes d'eau.....				400.000	20.624	14.457	9.005	Les sommes inscrites dans ce tableau sont celles payées effectivement et ne comprennent pas les intérêts jusqu'à la fin de la mise en exploitation.		
Prix de revient. { par mètre courant de périmètre ou de longueur utile.....				2.900 ^r .	8.180 ^r .	7.230 ^r .	5.900 ^r .			
{ par mètre carré de surface d'eau.....				56	340	340	345			
{ par mètre cube de capacité.....				6.40	55.30	44.20	44.20			

ÉTUDES ET CONSTRUCTION.

Les projets ont été dressés par M. Pascal, ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées. Ils ont été exécutés sous sa direction, jusqu'au mois de mars 1869 par M. Bernard, ingénieur ordinaire, et après cette époque par M. Denamiel, ingénieur ordinaire.

M. Sébillotte, conducteur, a été chargé de la surveillance des travaux, dont MM. Désiré Michel Fils et C^e étaient les entrepreneurs.

Toutefois, les bateaux-portes, les machines d'épuisement et le pont tournant ont été projetés par M. Barret, ingénieur de la Compagnie des Docks, et ont été exécutés sous sa direction par la Société Nouvelle des Forges et Chantiers de la Méditerranée.



NOTE SUR QUELQUES EXPÉRIENCES

RELATIVES AUX

LIQUIDES LANCÉS PAR LES POMPES ET LES BOUCHES A FEU

Par **M. BARRET**,

Ingénieur des Docks et Entrepôts de Marseille.

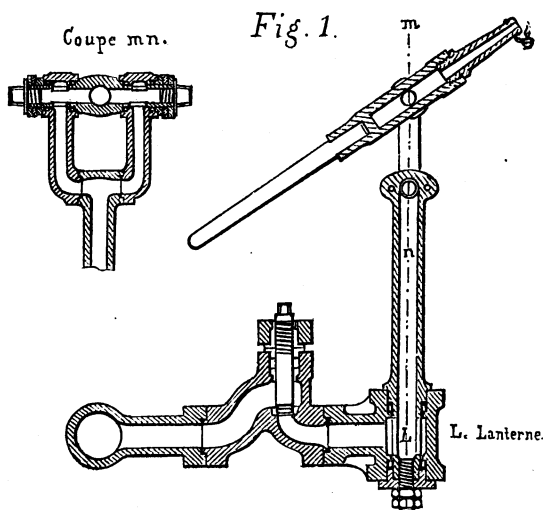


Vers la fin de l'année 1869 nous avons exécuté, à la demande de M. Pascal, directeur des travaux maritimes du port de Marseille, aujourd'hui inspecteur-général des ponts-et-chaussées, une série d'expériences sur la combustion et l'emmagasinage des huiles et essences de pétrole; expériences qui avaient pour but, dans le principe, l'étude des précautions et des mesures propres à assurer la sécurité des ports de commerce, contre l'action dévastatrice des incendies provoqués par ces huiles.

Nous communiquâmes en 1871, à la *Revue Maritime et Coloniale*, ainsi qu'à la Société scientifique de Marseille, la première partie de ces essais; mais nous crûmes devoir alors ne pas donner la publicité aux résultats et aux effets remarquables que nous avions obtenus, en cherchant à utiliser les dérivés du pétrole, essence et huile d'éclairage, comme moyen de défense ou d'attaque en cas de guerre, et qui consistait à lancer ce liquide enflammé, soit à l'aide d'une pompe, soit dans les projectiles des bouches à feu, soit enfin par ces dernières directement.

Les motifs particuliers qui, à cette époque (1869), nous avaient engagé à ne pas communiquer la seconde partie de ces essais n'existant plus aujourd'hui, nous nous empressons de les faire connaître, pensant qu'ils pourront être de quelque utilité aux ingénieurs qui s'occupent des questions d'hydraulique et de mécanique.

En se rappelant l'accroissement énorme qui se manifestait, pendant les expériences que nous avons faites, dans la combustion du



pétrole, toutes les fois qu'on l'agitait ou qu'il était en mouvement sur l'eau ou sur la terre ferme, on ne sera pas surpris qu'il nous soit venu à l'idée de le projeter au moyen d'une pompe puissante et d'enflammer ensuite le jet. La lance de forme spéciale, à l'extrémité de laquelle était fixé l'orifice du jet (fig. 1),

portait une veilleuse constamment allumée, et était disposée pour qu'un seul homme pût la manœuvrer et diriger la colonne liquide dans tous les sens.

Le résultat obtenu fut, en effet, très saisissant, car avec une pompe fonctionnant sous une pression de 50 kil. par centimètre carré, et un jet de 25 m/m., nous eûmes une colonne de flamme de forme conique, semblable à un météore, d'une longueur de 65 mètres, présentant à son extrémité un diamètre de plus de 20 mètres (1).

Maissi le jet de flamme nous étonna, nous fûmes peu satisfait de son amplitude qui, sous une pression aussi élevée, aurait dû, d'après les formules données par les hydrauliciens, être au moins six à sept fois plus grande. Nous pensâmes alors que cet écart devait être attribué à l'inflammation du liquide qui, dans cet état, éprouvait une résistance bien plus grande à se mouvoir dans l'atmosphère.

Or, le liquide lancé sans être enflammé ne donna pas une amplitude sensiblement plus grande.

(1) Cette expérience a été renouvelée à Paris, quelques jours avant son investissement par les Prussiens, sur l'emplacement de l'ancien hippodrome, avec une pompe d'incendie ordinaire, devant le Comité de défense, section de chimie, présidé par M. Berthelot, qui nous avait mandé à Paris pour exécuter ces essais.

En 1869, nous avions communiqué nos résultats d'expériences au Ministre de la Marine, M. l'amiral Rigault de Genouilly.

Le peu d'amplitude atteinte par le jet, sous la pression employée, nous conduisit à rechercher le rapport approximatif qui doit exister entre le diamètre du jet et la pression pour lancer une masse liquide déterminée à une hauteur donnée.

A cet effet, nous avons construit un appareil disposé pour pouvoir lancer l'eau par des orifices à mince paroi de 1, 3, 6, 8, 11, 16, 18 et 20 millimètres de diamètre (1), sous des pressions variant pour chacun d'eux entre 1/2, 1, 2, 4, 6, 10, 20, 30 et 50 atmosphères.

L'appareil qui nous a servi à faire ces essais (*fig. 2*), se composait d'une boîte en fonte, munie d'une soupape à vis et d'un diaphragme

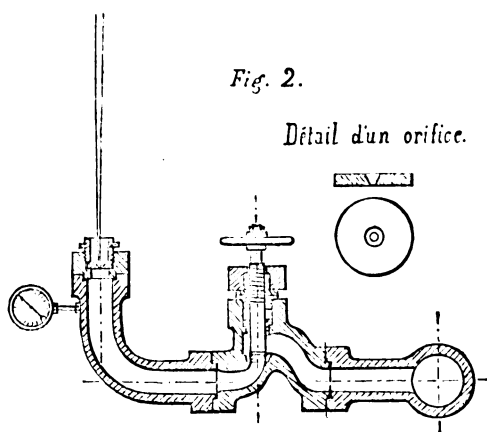


Fig. 2.

Détail d'un orifice.

dans lequel se trouvait percé l'orifice du jet. La soupape à vis était disposée pour régler les variations de pression qui se trouvaient contrôlées par un manomètre placé au-dessous du diaphragme. Cette boîte était alimentée par deux machines à vapeur, développant ensemble une force de 240 chevaux, et fournissant l'eau sous la pres-

sion constante de 53 atmosphères. En outre de la soupape à vis, la boîte était munie d'un robinet de vidange de 5 millimètres de diamètre, dont le débit était réglé de façon à maintenir, pendant la durée de l'opération, la pression de l'eau au nombre d'atmosphères voulu.

La figure 3, qui donne les courbes indiquant les hauteurs verticales maxima que chaque jet a atteintes, par temps calme (2), sous des pressions de 1/2, 1, 2, 4, 6, 10, 20, 30 et 50 atmosphères, montre que ces hauteurs ne croissent pas proportionnellement à $\frac{v^2}{2g}$.

Ainsi, avec le jet de 1 m/m. de diamètre et la pression de 2 atmosphères, on n'a obtenu qu'une hauteur de 6^m 50, et avec la pression

(1) L'épaisseur de la paroi des orifices allait en progressant, depuis celui de 1^m/_m de diamètre, qui n'avait que 1/2 millimètre, jusqu'à celui de 0^m 020, qui en avait quatre et demi.

(2) L'eau étant très-divisée au sommet du jet, il suffit d'une très-petite brise pour lui faire perdre quelques mètres dans le sens de la hauteur.

de 50 atmosphères, la hauteur de ce même jet n'a été que de 9^m 50 ; ce qui donne une augmentation de hauteur de 3^m 50 pour une pression 25 fois plus forte.

Les autres courbes de la même figure indiquent également de faibles accroissements de hauteur atteintes par les jets pour de très forts accroissements de pression.

Ce fait confirme l'expérience faite par M. le capitaine du génie Belmas, sur une pompe à incendie de la ville de Paris. Dix hommes manœuvrant cette pompe donnaient au jet incliné à 45°, une amplitude horizontale de 26 mètres ; mais lorsqu'on mit 14 hommes à la pompe, l'amplitude resta la même, bien que la pression dans le réservoir fût devenue tellement grande, que le manomètre se brisa.

Nous ferons remarquer, en outre, que les pertes que nous avons constatées sont bien supérieures à celles que les hydrauliciens ont reconnues jusqu'à présent. Ainsi, d'Aubuisson dit que la hauteur atteinte par un jet d'eau vertical est égale à celle du plan de charge, diminuée des pertes de résistance occasionnées par l'atmosphère, qu'il évalue à 7 %.

Si nous appliquons ce calcul au jet de 20^m/^m lancé sous la pression de 50 atmosphères, ce qui correspond à une charge d'eau de 10^m 33 × 50^m = 516^m 50, nous trouverons, en théorie, une hauteur de 516^m 50 × 0.93 = 480^m 445, tandis que nous n'avons obtenu, en réalité, que 52^m 50 ; ce qui constitue une perte de près de 90 %, au lieu de 7 %. Avec le même jet de 20^m/^m et une pression de 10 atmosphères seulement, la hauteur devrait être aussi égale à 10^m 33 × 0.93 = 96^m 06, tandis que nous n'avons obtenu que 33^m ; ce qui donne une perte de 61 % au lieu de 90 que nous avons trouvée pour la pression de 50 atmosphères.

Weisbach, dans son cours de mécanique, parle d'expériences qu'il a exécutées avec une pompe à incendie mue à bras, et pour des orifices coniques de 7 et 15^m/^m de diamètre. Il trouva que la hauteur atteinte n'était que les trois quarts de la hauteur théorique correspondant à la vitesse. Pour les pompes à incendie, il pose en conséquence

$$h = 0.75 \frac{w^2}{2g}$$

w étant la vitesse d'écoulement à l'orifice de la lance.

En ce qui a trait à nos expériences, si nous comparons les hauteurs obtenues pour une seule et même pression — 10 atmosphères, par

exemple — avec des jets dont le diamètre de l'orifice va en croissant, nous aurons les hauteurs suivantes : (fig. 4)

7.25 pour un jet de 1 ^m / _m de diamètre.			
11...	d°	3	d°
16...	d°	6	d°
18.75	d°	8	d°
22.50	d°	11	d°
27.75	d°	15	d°
31...	d°	18	d°
33.25	d°	20	d°

Ces résultats démontrent l'influence considérable de la masse sur la hauteur atteinte par le jet (1).

Baumgarten, qui a repris les anciennes expériences exécutées sur les jets d'eau, par Mariotte et Bossut, a constaté que, sous une même pression, le jet augmentait de hauteur avec l'accroissement de diamètre de l'orifice.

Dans nos essais, cette augmentation est très considérable, puisque, sous une même pression, le jet de 20^m/_m a porté l'eau à une hauteur quatre fois et demi plus grande que le jet de 1 millimètre.

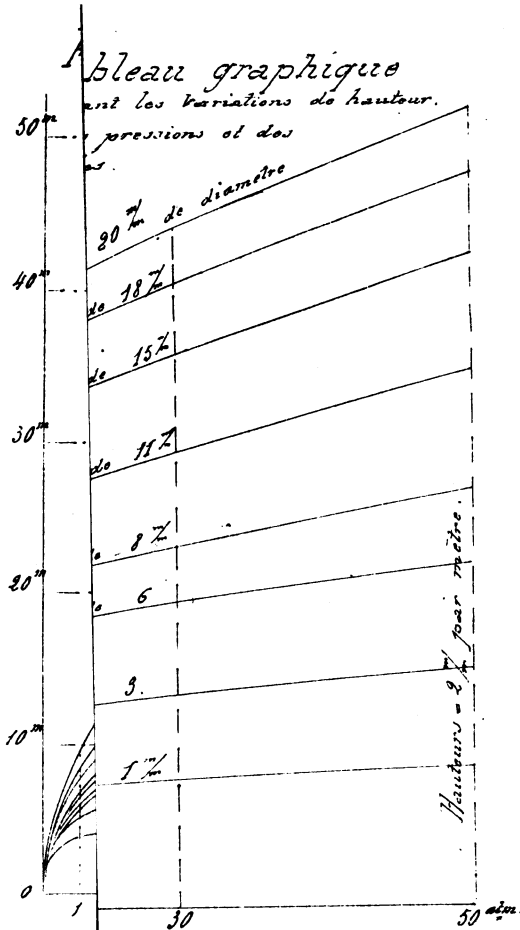
Pour tous les diamètres expérimentés, la forme du jet observée était compacte et ressemblait absolument à une tige en cristal pour les basses pressions seulement. Ainsi, le jet de 1 m/m. n'a affecté cette forme que de la pression zéro à 1/2 atmosphère ; à 4 atmosphères, la dispersion était déjà très grande, et de 15 à 50 atmosphères le jet n'était plus qu'un brouillard d'une ténuité extrême.

La hauteur de la partie compacte et cristalline des différents jets a augmenté dans une proportion assez notable avec leur diamètre.

En résumé, nous croyons que le peu de hauteur que nous avons obtenue, pour chaque jet, sous des pressions très élevées, ainsi que la grande dispersion du liquide, doivent être attribuées aux causes suivantes :

1° A la différence de vitesse dont sont animés les filets élémentaires qui composent le jet ; cette vitesse allant en décroissant, d'après une certaine loi, depuis le centre jusqu'à la circonférence extérieure ;

(1) Les points isolés A et B des courbes indiquent : le premier, la hauteur atteinte (40 mètres) par un jet de 25 millimètres de diamètre, actionné par une pompe à vapeur à incendie montée sur roues ; le second, la hauteur (50 mètres) d'un jet de 40 millimètres de diamètre, actionné par une pompe à vapeur, montée sur bateau, appartenant au Service des Ports de Marseille.



6.
 les variations de Débit.
 pour 20 Atmosphères,
 variables.

Q_{gh} ; $S=1$; pression = 20^{atm}

différence occasionnée par le frottement de la colonne liquide contre les parois de l'orifice (1). Les filets élémentaires de la circonférence extérieure étant animés d'une puissance vive moindre, sont rejetés en dehors de la ligne de projection ;

2° A la résistance qu'oppose l'air au mouvement de la colonne ascensionnelle ; résistance qui se compose du frottement latéral des filets extérieurs contre l'air et du choc de la masse liquide contre l'atmosphère.

Or, les pertes de travail dues au choc étant égales à $\frac{1}{2} M v^2$, elles croissent comme le carré de la vitesse et proportionnellement à la masse d'eau projetée ; ce qui explique très bien l'augmentation de hauteur que nous avons observée pour une même pression, avec des diamètres de jets allant en croissant.

Il faut remarquer, également, que le développement de la surface frottante d'un orifice varie proportionnellement au diamètre, tandis que sa section croît comme le carré de ce diamètre ; le débit par unité de section est, par suite, plus considérable dans un orifice de grand diamètre que dans un petit.

Pour nous rendre compte de ces différences de débit, nous avons essayé de mesurer le plus approximativement possible le volume d'eau fourni par chaque jet ; mais il nous a été très difficile d'obtenir des résultats se rapprochant de la vérité, à cause du peu d'exactitude qu'offrent les manomètres pour des pressions aussi élevées, et des corrosions que les substances étrangères, contenues dans l'eau, exerçaient sur les parois des orifices (2).

Quoiqu'il en soit, nous n'en donnons pas moins ces résultats : Les courbes A. B. C. (*Fig. 5*) présentent le débit jaugé que nous avons obtenu, par unité de surface, pour les jets de 1, 3 et 6 $\frac{1}{2}$ de diamètre, et la courbe D, le débit théorique calculé d'après la formule $s \times \sqrt{2gh}$.

Avec ces éléments, nous avons tracé la courbe E (*Fig. 6*), qui indique l'accroissement de débit de ces mêmes jets par unité de surface, pour une pression de 20 atmosphères, correspondant à une charge de 206^m60. Cette courbe, à mesure de l'accroissement du diamètre des

(1) Ces différences de vitesse ont été constatées expérimentalement par M. Darcy, pour l'eau en mouvement dans les tuyaux. V. Darcy. *Recherches relatives au mouvement de l'eau dans les tuyaux*, 1857.

(2) A la pression de 50 atmosphères, les grains de sable très fins que contenait l'eau, rayaient les parois des orifices et y pratiquaient de petites coches semblables à celles que l'on ferait avec une lime.

jets, tend à se rapprocher de plus en plus de la droite M N, qui limite la hauteur du plan de charge, sans cependant l'atteindre ; car, quelle que soit la grandeur du jet, la quantité d'eau débitée ne sera jamais égale au débit théorique.

Le tableau suivant indique le rapport du débit effectif au débit théorique et la valeur des pertes pour les jets de 1, 3 à 6 "/>, et pour des pressions variant de 1 à 50 atmosphères :

PRESSION.	JET DE 4 "/>		JET DE 3 "/>		JET DE 6 "/>	
	Rapport entre le débit effectif et le débit théorique.	PERTE.	Rapport entre le débit effectif et le débit théorique.	PERTE.	Rapport entre le débit effectif et le débit théorique.	PERTE.
1	0.630	0.370	0.650	0.350	0.661	0.339
5	0.623	0.377	0.641	0.359	0.655	0.345
10	0.600	0.400	0.632	0.368	0.647	0.353
20	0.591	0.409	0.621	0.379	0.639	0.361
30	0.587	0.413	0.610	0.390	0.630	0.360
50	0.580	0.420	0.606	0.394	0.627	0.373

Indépendamment des causes qui précèdent, on peut attribuer aussi le peu de hauteur que nous avons obtenue pour chaque jet, ainsi que la grande dispersion du liquide, à l'accélération intermittente qu'éprouve le jet, par suite des variations de pression qui se manifestent dans les pompes foulantes à chaque coup de piston. Malgré l'emploi des réservoirs d'air, cette pression n'est pas constante ; elle oscille entre un minimum, qui se produit à la fin de la course du piston, et un maximum, qui a lieu après que ce dernier a dépassé le point mort.

C'est précisément à l'instant où la pression augmente que la colonne d'eau déjà en mouvement réagit, et que le jet passe de la forme cylindrique à la forme conique.

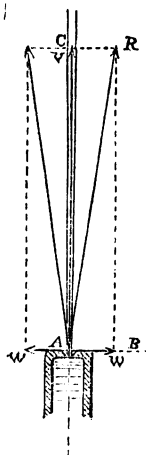
Pour expliquer ce fait, supposons un jet d'un diamètre quelconque lancé sous la pression de 4 atmosphères. La vitesse d'écoulement correspondant à cette pression sera de 28^m 50. Tant que le jet sera projeté avec cette pression, les molécules, à la sortie de l'orifice, se mouvront en vertu de la vitesse acquise, qui leur est communiquée par la pression, c'est-à-dire, par la puissance développée sur le piston, et il ne se produira, par conséquent, dans le jet, aucune espèce de réaction. Mais si nous supposons qu'à un moment donné, par l'effet d'un surcroît d'action, la pression de l'eau passe instantané-

ment de 4 à 5 atmosphères, la vitesse d'écoulement deviendra égale à $31^{\text{m}} 80$. Le jet primitif n'ayant au départ qu'une vitesse de $28^{\text{m}} 50$, réagira sur la base de l'orifice, avec une pression correspondant à celle qui donne l'accroissement de vitesse de $3^{\text{m}} 30$.

Mais, en vertu du principe de Pascal, cette réaction, à l'orifice du jet, s'exercera aussi latéralement sur tout le pourtour du jet ; de sorte

Fig. 7.

que les molécules tendront à s'échapper latéralement dans la direction A B (Fig. 7), avec la vitesse w correspondant à cette réaction.



Or, les molécules sont en même temps sollicitées à se mouvoir avec la vitesse $v = 31^{\text{m}} 80$, dans la direction A C du jet ; elles suivront donc la direction de la résultante A R, ce qui donne à la colonne lancée la forme d'un cône ayant son sommet à l'orifice du jet. Le jet passant ainsi de la forme cylindrique à la forme conique, éprouve une résistance bien plus grande à se mouvoir à travers l'atmosphère ; son amplitude se trouve, par suite, diminuée, et la dispersion du liquide, augmentée.

En pratique, quoique la variation des pressions dans les réservoirs d'air dépasse souvent plus d'une atmosphère, la forme conique du jet, au moment de la réaction, n'est pas aussi prononcée que l'indique la figure 7 : mais cela tient à ce que cette variation n'est pas instantanée, comme nous l'avons supposé dans l'hypothèse ci-dessus.

D'après ce qui précède, on voit que quand même on disposerait de pompes aussi puissantes que nos plus fortes machines marines (1000 chevaux nominaux) et de masses de liquides énormes, on ne pourrait pas donner à un jet une amplitude qui égalât le $1/5$ de la trajectoire des projectiles lancés par nos armes à feu portatives. D'où il résulte que le pétrole et ses dérivés, lancés au moyen de pompes, ne peuvent être employés en cas de guerre, sauf quelques rares exceptions, et à des distances qui les rendraient, le plus souvent, aussi dangereux pour ceux qui s'en serviraient, que pour ceux sur lesquels ils seraient dirigés.

Effets d'un liquide logé dans un projectile lancé par une bouche à feu.

Les résultats négatifs que nous venons de signaler, au sujet du lancement, par les pompes, des matières liquides incendiaires, nous firent rechercher s'il serait possible de loger ces mêmes liquides dans les projectiles des bouches à feu. Les phénomènes observés pendant cette nouvelle série d'expériences, nous démontrèrent, au point de vue des effets produits, les exagérations des principaux organes de la presse, qui, plus tard, à diverses reprises, ont affirmé que les Allemands avaient incendié quelques unes de nos places fortes, notamment Strasbourg, au moyen de projectiles chargés d'essence de pétrole, et que les soldats de la Commune avaient employé un procédé analogue contre l'armée régulière.

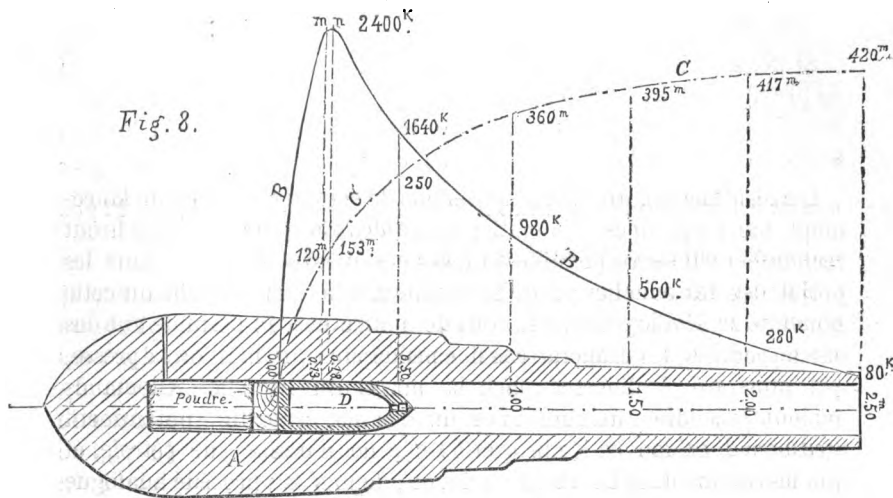
On peut, en effet, charger un obus, partie avec une substance explosible, telle que la poudre à canon et le fulmi-coton, et partie avec un liquide incendiaire, mais il faut remarquer qu'au moment de la déflagration de la poudre, le liquide contenu dans l'obus, qui tend à s'opposer à sa marche en avant, réagit sur le fond et les parois latérales, en donnant lieu, dans certains cas, à des pressions intérieures si élevées qu'elles peuvent le rompre. Il est donc très intéressant de rechercher dans quelles limites la rupture du projectile peut se produire.

Le travail de la résistance du liquide, qui est égal à $\frac{1}{2} m v^2$, atteint son maximum pendant l'instant très court où le projectile arrive à sa plus grande accélération (1), c'est-à-dire, au moment où la pression des gaz dans l'âme du canon est la plus élevée. Si la masse liquide $\frac{P}{g}$ est très petite (quelques grammes seulement), le travail résistant est insignifiant, et n'exerce, par suite, aucune action appréciable sur le projectile ; mais si cette masse se compose de plusieurs litres, la

(1) L'accélération étant égale à la force divisée par la masse, soit à $\frac{F}{M}$.

résistance qu'elle oppose au mouvement du projectile devient alors très considérable.

Supposons, comme exemple (*fig. 8*), que



- A soit un canon de 20 centimètres qui, avec une charge de poudre à combustion lente de 18 kilogrammes, puisse lancer un obus du poids de 67 kilogrammes, en lui imprimant une vitesse initiale de 420 mètres par seconde ;
- B. la courbe indiquant la pression des gaz dans l'âme du canon ;
- C. la courbe indiquant la vitesse du projectile aux différents points de sa course (1), et
- D. un projectile creux, ayant 20 centimètres de diamètre extérieur, 16 de diamètre intérieur, contenant 10 litres d'eau et pesant en tout 67 kilogrammes.

L'examen de la courbe des pressions B montre que la plus grande accélération du projectile a lieu pendant qu'il parcourt l'élément *m n*, la pression des gaz étant entre ces deux points sensiblement égale à 2,400 atmosphères ; en observant que la vitesse du projectile au point *m* est de 120 mètres par seconde, tandis qu'elle devient

(1) Les deux courbes B et C ont été obtenues expérimentalement par le capitaine Noble, de la marine britannique, sur une pièce de 20 centimètres.

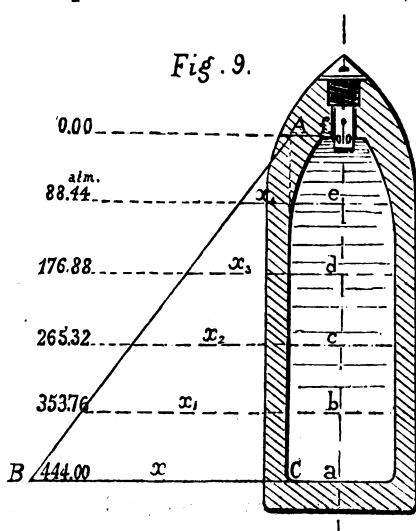
égale à 153 en n après une course de 0.05, le travail résistant du liquide pendant ce petit parcours sera égal à

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{P}{g} \cdot (w^2 - v^2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{10}{9.81} \cdot \left\{ (153)^2 - (120)^2 \right\} = 4591 \text{ km}^7$$

Si nous divisons cette résistance par la longueur de l'élément $m n = (0.05)$ et par la section intérieure du projectile (200 cm^2), nous aurons la pression moyenne par centimètre carré exercée par le liquide sur le fond du projectile, pendant le court instant qu'il met à parcourir les 0.05 de l'élément $m n$. $R = \frac{4591 \text{ km}^7}{200 \text{ cm}^2 \times 0.05} = 459 \text{ k. 17}$; ce qui correspond à une pression de 444 atmosphères.

S'il est extraordinaire qu'il suffise d'une aussi faible quantité d'eau pour développer sur la base de l'obus et à la partie inférieure de la paroi des pressions aussi considérables, la manière dont ces pressions se répartissent dans la masse du liquide présente un phénomène bien autrement remarquable, attendu que dans le cylindre liquide, qui n'a que 50 cm. de hauteur sur 16 cm. de diamètre, la pression va en croissant, depuis le plan supérieur du niveau, où elle est égale à zéro, jusqu'au fond où elle atteint 444 atmosphères.

Pour s'en rendre compte, il suffit de se rappeler que c'est la masse d'eau qui donne lieu aux réactions; par conséquent, si nous divi-



sons, par exemple, la hauteur du liquide en 5 parties : a, b, c, d, e (fig. 9), la pression sur la tranche b sera égale aux $\frac{4}{5}$ de 444 atm., attendu qu'il n'y a que les tranches supérieures qui réagissent sur elle; en c , aux $\frac{3}{5}$ de 444 atm.; en d , aux $\frac{2}{5}$ de 444 atm.; en e , au $\frac{1}{5}$ de 444 atm., et enfin en f , qui est le plan supérieur de la dernière tranche, la réaction sera nulle; c'est-à-dire que la répartition des pressions dans ce

petit cylindre liquide, est la même que celle d'une colonne qui aurait une hauteur de $4591^m 70$.

La pression à chaque tranche peut donc être mesurée par les ordonnées x, x_1, x_2, x_3, x_4 , du triangle rectangle A B C, qui a pour hauteur celle de la colonne liquide contenue dans l'obus, et pour base x la colonne d'eau mesurant la réaction totale sur le fond.

Pour déterminer le travail, par centimètre carré, auquel est soumis le métal de la paroi latérale de l'obus, pendant l'accélération maximum, dans la partie qui avoisine le fond, il faut considérer que cette paroi est soumise à l'action de deux forces ; l'une, agissant dans le sens perpendiculaire aux génératrices, produite par les pressions intérieures développées en ce point, et l'autre, agissant dans le sens des génératrices, attendu que, lorsque le projectile est poussé en avant par la force des gaz, le liquide qui réagit sur le fond, agit en sens contraire.

Le travail du métal, dans le sens perpendiculaire aux génératrices, pour la zone avoisinant le fond, est :

$$p = \frac{459^k \cdot 17 \times h \times 16^{c/m}}{2 \times h \times 2^{c/m}} = 18.37 \text{ par } ^m/m^2$$

Dans le sens des génératrices, le travail du métal est :

$$p_1 = \frac{459.17 \times 3.1416 \times \frac{(16)^2}{4}}{\frac{3.1416 \times [(20)^2 - (16)^2]}{4}} = 8^k.23$$

Sous ces deux efforts perpendiculaires l'un sur l'autre, la fonte est soumise à un effort résultant

$$p_0 = \sqrt{p^2 + p_1^2} = 20^k.12 \text{ par } ^m/m^2$$

Il est donc presque certain que, malgré le peu de durée de la réaction du liquide, le métal ne résisterait pas, la fonte soumise à la traction se rompant sous des charges variant de $12^k 5$ à $13^k 7$ par millimètre carré.

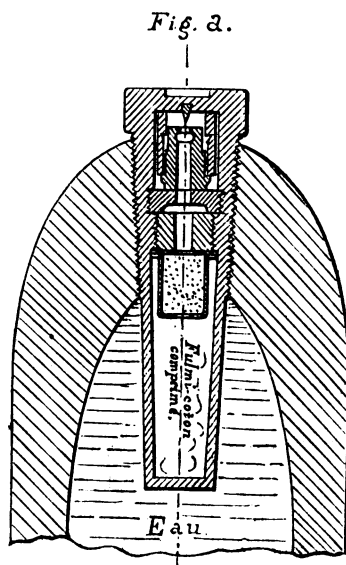
Dans les calculs que nous venons d'effectuer, nous avons pris comme exemple un projectile de grande dimension, afin de bien constater l'importance de la réaction ; si au lieu d'un obus de 67 kilogrammes, nous avions opéré sur les obus lancés par les pièces de 4 ou de 7, qui n'auraient contenu qu'une quantité de liquide

moindre, nous aurions trouvé que le métal pouvait résister aux pressions intérieures qui s'y développent (1).

Les efforts de compression auxquels la réaction donnerait lieu, mesurés sur les fibres élémentaires d'un projectile massif en fonte de même poids et de même calibre que celui sur lequel nous venons d'établir nos calculs, seraient, au moment de la plus grande accélération, de 2,400 k. par centimètre carré à la base de ces fibres, et iraient en diminuant progressivement jusqu'au sommet où ils deviendraient égaux à zéro. Ceci suppose que le projectile est cylindrique, qu'il est lancé par un canon à âme lisse, que les frottements latéraux sont négligeables, et que les pressions développées par les gaz sont les mêmes que dans les cas précédents.

Après avoir examiné les difficultés que l'on rencontre pour lancer un liquide sous forme de jet à de grandes distances et les effets qui se produisent dans les projectiles remplis d'eau, nous avons voulu acquérir la certitude que les réactions que nous avons calculées pour ceux-ci, se produisaient en pratique comme nous venons de l'exposer.

A cet effet, nous nous sommes servi d'une caronade de 80 ^m, lançant un projectile de 3 k. 500 avec une charge de 850 grammes de poudre à combustion lente.

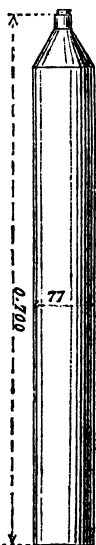


(1) Les expériences que le gouvernement anglais a fait exécuter depuis deux ans sur un système de chargement d'obus imaginé par M. le professeur Abel, consistant à utiliser la propriété que possède l'eau d'être à peu près incompressible et de transmettre presque instantanément les pressions dans tous les sens, dans le but d'augmenter le nombre d'éclats du projectile, ont démontré que les obus remplis d'eau et d'une petite charge de coton-poudre d'un quart d'once (figure a), pouvaient être lancés avec sécurité par les pièces de campagne, et que, dans ce cas, le nombre d'éclats obtenus était cinq fois plus grand que par les obus chargés d'une livre de poudre à canon.

Par contre, les expériences faites sur les canons de gros calibre ont démontré que lorsque leurs projectiles étaient remplis d'eau ils éclataient prématurément dans la pièce.

Pour ces canons, M. le professeur Abel proposa d'employer des obus remplis de papier ou de fulmi-coton imbibé d'eau, et il obtint ainsi une force d'explosion très considérable.

Fig. 10. Le projectile était en zinc, de forme cylindrique ; il avait 0,70 de longueur sur 0^m077 de diamètre extérieur et contenait environ 3 décimètres cubes et demi d'eau (*fig. 10*).



La caronade fut placée sur l'axe longitudinal, d'une forme de radoub en construction et dirigée perpendiculairement sur la paroi de l'hémicycle, à une distance de 20 mètres de cette dernière. L'inclinaison de la pièce était de 15°.

Sur douze coups tirés, nous avons toujours observé (*fig. 11*) :

1° Que la réaction exercée par l'eau sur les parois du projectile, pendant que ce dernier parcourait l'âme de la caronade, les appliquait contre celles de la pièce, avec une telle force, que le frottement qui en résultait diminuait d'un tiers l'épaisseur du zinc ;

2° Que le cylindre en zinc se brisait par l'effet de la réaction de l'eau à mesure qu'il sortait de l'âme de la pièce. Les fragments, dont le nombre a varié entre 15 et 20 pour chaque projectile, étaient lancés en avant et projetés de chaque côté en dehors de la ligne de tir.

Le liquide contenu dans le projectile était projeté en éventail sous forme de brouillard, en présentant l'aspect indiqué par la figure 11.

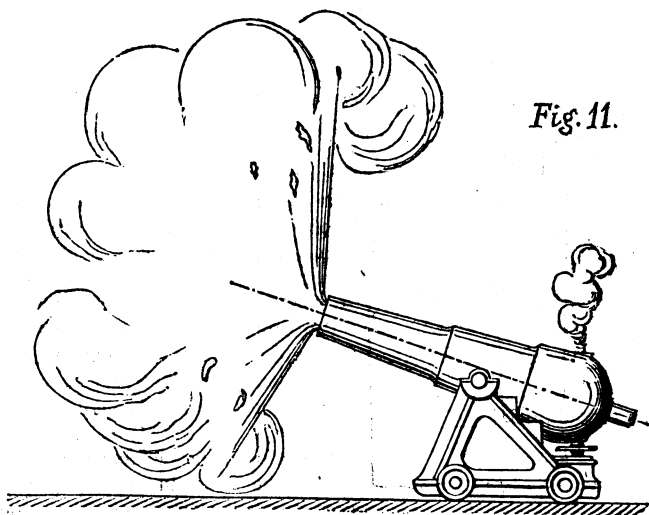


Fig. 11.

La plus grande distance à laquelle le liquide ait été porté, a été de 7 à 8 mètres dans le sens longitudinal de la pièce, et de 12 à 14 mètres dans le sens perpendiculaire à cette direction.

Après chaque coup, l'intérieur de la bouche à feu était parfaitement propre et ne contenait aucune partie du liquide, ni aucun fragment du tube en zinc.

Effets d'un liquide lancé par une bouche à feu.

Nous avons enfin logé le liquide dans l'âme même de la pièce ; un valet muni d'une garniture en cuir, semblable à celle du piston d'une pompe, le séparait de la poudre.

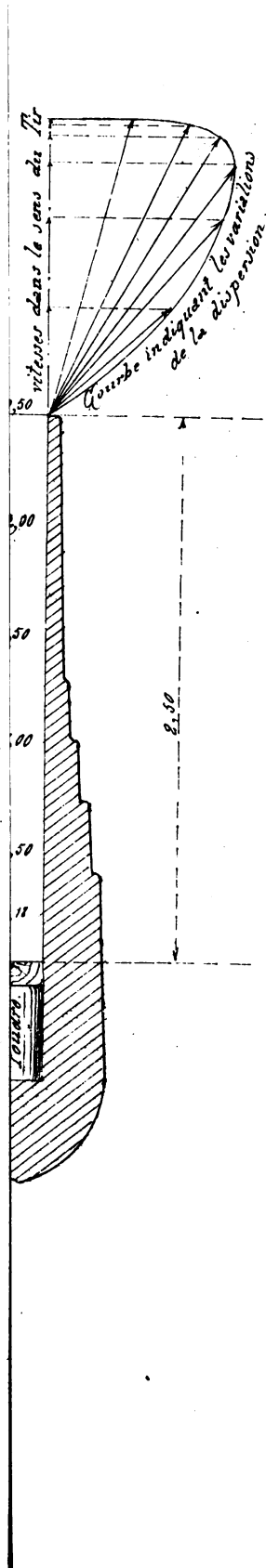
L'expérience a démontré que la dispersion du liquide à la sortie de l'âme, s'effectuait absolument comme dans le cas où il était logé dans un tube métallique, c'est-à-dire, qu'au lieu de se diriger dans le sens de la ligne de tir, comme cela se produit dans les pompes à incendie, il s'échappe presque normalement à la direction de cette ligne.

Tout anormal que paraisse ce fait, il est cependant parfaitement explicable par les lois de la mécanique.

Considérons, en effet, le canon anglais du calibre de 20"/^m, dont nous avons parlé plus haut, chargé d'un projectile liquide de 2^m 50 de longueur, pesant 67 kilogrammes, et supposons, pour faciliter notre démonstration, que ce liquide soit contenu dans une enveloppe fictive assez résistante pour conserver sa forme, malgré les pressions intérieures provenant de la réaction du liquide.

Nous supposerons également, quoique cela soit peu probable, que le projectile liquide parcourt l'âme de la pièce, dans le même temps et avec la même vitesse que le projectile ogival en fonte pesant 67 kilogrammes.

Ces deux suppositions étant admises, nous pouvons dire que pendant que le projectile liquide parcourt l'âme du canon, il oppose, à chaque point de la course, une résistance égale et directement opposée à la force des gaz de la poudre qui le pousse en avant ; ce n'est



qu'au moment où les gaz cessent d'agir sur le projectile, que la réaction de ce dernier disparaît, et que le mouvement se continue en vertu de la vitesse acquise.

D'après le capitaine Noble, les pressions variables exercées par les gaz sur le projectile, aux différents points de la course, sont les suivantes :

PARCOURS.	PRESSIION DES GAZ ET RÉACTION DU LIQUIDE sur le fond du projectile en kilogrammes, par centimètre carré.
m. 0.18	2.400 k.
0.50	1.640
1 »	980
1.50	560
2 »	280
2.50	80

En adoptant les données qui précèdent, considérons le projectile au moment où il en arrive en A (*fig. 12*) ; c'est-à-dire au bout d'une course de 0.18. La réaction mesurée sur le fond du cylindre sera, comme on vient de le voir, égale à 2400 kilogrammes.

Cette réaction devient égale à zéro au point C ; par contre, en B on aura une pression π égale à

$$\pi = \frac{2400 \times 0.18}{2.5} = 172^{\text{e}} 80$$

Sous l'influence de cette réaction, le liquide, s'il n'était retenu par l'enveloppe fictive que nous avons supposée, tendrait à s'échapper en B normalement à la direction du tir, avec une vitesse correspondant à la pression de 172 kil. 80 par centimètre carré, c'est-à-dire :

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.81 \times 1728} = 181^{\text{e}} 40$$

Mais le projectile est animé, en même temps, dans la direction du tir, d'une vitesse $v_1 = 153^{\text{e}}$ par seconde, pour la course de 0.18 (*Voir fig. 13*).

Par conséquent, si l'enveloppe venait à éclater en ce point, le liquide qu'elle contient et les fragments de cette enveloppe s'échapperaient suivant la direction de la diagonale w du parallélogramme construit sur les vitesses v et v_1 .

La même opération pourra être répétée pour les divers points de la course du projectile dans l'âme de la pièce, et l'on obtiendra ainsi, comme le montre la fig. 13, des résultantes dont l'inclinaison, par rapport à l'axe du canon, ira toujours en diminuant jusqu'à l'extrémité de l'âme où cette résultante se confondra avec la ligne du tir.

Si le liquide n'est pas renfermé dans une enveloppe solide, l'écoulement se produira dès qu'on enflammera la poudre, et la dispersion variera comme nous venons de le dire.

Pour que le canon pût lancer l'eau en avant sous la forme d'un jet, il faudrait que la bouche fût fermée par un obturateur (fig. 14), dans lequel serait percé l'orifice, et que la pièce eût la même épaisseur de métal à l'extrémité de la volée qu'à la culasse, attendu qu'au moment de la déflagration de la poudre les pressions se répartissent dans tous les sens avec la même intensité.

— 235 —

LE FER ET LE PHOSPHORE

AU POINT DE VUE MÉTALLURGIQUE

Par **M. THIÉBLEMONT,**

Ingenieur aux Hauts-Fourneaux de Saint-Louis.

Depuis quelques années, la métallurgie du fer, comme beaucoup d'autres industries, a fait d'immenses progrès, en appelant à son secours la science pure proprement dite. On ne pouvait mieux faire que de se laisser conduire par un pareil guide ; et c'est en profitant de son enseignement, que je veux vous entretenir pendant quelques instants des recherches qui ont été faites sur l'influence exercée par le phosphore dans la fabrication du fer et particulièrement de l'acier.

Je réclame votre indulgence pour tout ce que ce travail a d'incomplet ; car vous savez que la plupart des industries, cachant à tort, au point de vue de l'intérêt général, leurs procédés de fabrication, il est assez difficile de se procurer des documents complets sur tel ou tel mode de travail.

On était convenu de dire que les deux plus grands ennemis du fer étaient le soufre et le phosphore. Jusqu'aujourd'hui, aucun procédé pratique n'est parvenu à les éliminer complètement, ce dernier surtout, des fers, fontes et aciers. Quant au premier, la science et la pratique ont indiqué les moyens d'en débarrasser ces produits, on peut dire à peu près complètement, soit au haut-fourneau, soit dans les opérations subséquentes du travail du fer. On trouve encore quelques fers rouverains, mais c'est presque l'exception maintenant, et ils ne sont que le résultat d'une mauvaise fabrication. Le phosphore, au contraire, a de telles affinités pour le fer, qu'on n'a pas encore pu arriver à des résultats d'élimination complète. On a inventé de nombreux procédés qui ont eu généralement pour but, une fois la fonte phosphoreuse produite, de se débarrasser du phosphore à l'affinage au moyen de scories basiques. Quoiqu'on en ait

dit, jusqu'à présent c'est le seul moyen pratique par lequel on soit parvenu à enlever du fer la majeure partie du phosphore; mais il en reste toujours une telle quantité, qu'on ne peut pas obtenir des fers fins proprement dits.

Quand des fontes de cette nature sont traitées au four à puddler. l'opération se fait sur de petites quantités de 180 à 200 kilog. et elle dure près de deux heures; le travail consiste à obtenir une température très élevée et à ajouter des battitures de marteau qu'on renouvelle une ou deux fois pendant la charge, en les faisant écouler quand leur action est terminée. Il faut que l'affinage soit lent, la flamme relativement peu oxydante, parce que la réaction doit se passer presque entièrement dans le bain par suite du contact de la fonte avec les oxydes métalliques (1).

C'est grâce à la présence de ces oxydes basiques que le phosphore peut être oxydé et entraîné. Le point essentiel est que les scories soient basiques. On arrive ainsi avec des fontes renfermant 1 % de phosphore, à ne plus avoir que 0,15 à 0,20 % de phosphore dans le fer. C'est, on le voit, un très beau résultat, quand il s'agit de se débarrasser industriellement d'un corps en si minime quantité.

Mais je doute que dans beaucoup de cas une telle fabrication soit économique; car la dépense de combustible est considérable, ainsi que la main-d'œuvre, proportionnellement à la quantité de métal produit.

On a proposé de recarburer le fer ainsi en partie purifié et de l'affiner de nouveau. Les résultats économiques ne sont pas venus donner raison à cette ingénieuse idée.

On a cherché à faire passer dans la fonte phosphoreuse des courants gazeux renfermant de l'hydrogène, des carbures d'hydrogène, etc. Naturellement, tous ces essais ont échoué; car, on comprend facilement que, puisque les phosphures d'hydrogène sont des corps facilement décomposables par la chaleur, il n'y a aucune raison chimique pour que ces composés se forment à la température de fusion de la fonte, pas plus que les sulfures d'hydrogène.

D'autres essais beaucoup plus rationnels ont été faits il y a 6 à 7 ans par un anglais, M. Heaton. J'ai eu l'honneur d'accompagner en Angleterre, pour étudier ce procédé, M. Gruner, qui a publié une relation intéressante à ce sujet. M. Heaton mettait un bain de fonte en contact avec du nitrate de soude. Les éléments nécessaires à l'oxyda-

(1) Voir à la fin de cette lecture l'interprétation donnée par M. Pourcel de ce mode de déphosphoration.

tion et à la combinaison du phosphore se trouvent réunis dans ce sel. Malheureusement pour le procédé, il coûte fort cher ; la tonne de nitrate valait à cette époque de 4 à 500 francs, et les inventeurs, ne se rendant pas bien compte des effets du nitrate, en mettaient trop peu pour oxyder tous les éléments oxydables à éliminer ; outre toutes ces causes d'insuccès, les résultats d'analyse étaient présentés sous une forme si peu ordinaire que ce procédé, digne d'un meilleur sort, tomba rapidement dans l'oubli.

Malgré ces insuccès, les métallurgistes travaillaient la question et faisaient des essais très importants pour fabriquer des rails d'acier avec des fontes phosphoreuses.

C'est à MM. de Wendel, des forges d'Hayange, qui ont toujours tenu à maintenir leurs usines au niveau du progrès industriel, et que la dernière guerre a malheureusement enlevés à la France, que revient le mérite d'avoir fait les premiers essais dans cette voie. La question était alors extrêmement difficile, car les fontes de la Moselle renferment, en général, plus de 1 % de phosphore. Quand la fonte de la Moselle est élaborée au four à puddler, si l'on n'emploie le mode de puddlage décrit plus haut, on ne peut obtenir que des fers à gros grains brillants, durs, mais aussi très fragiles, tout en rendant de grands services dans la fabrication des rails en fer, par exemple, où ils renferment encore de 7 à 8 millièmes de phosphore.

Le procédé Bessemer ne pouvait nullement convenir pour traiter des fontes de cette nature, puisque par ce procédé on concentre dans le produit final le soufre (1) et le phosphore qui se trouvent dans la fonte employée. Il n'y a de procédé pratique que l'emploi du four Martin Siemens. On sait que ce procédé consiste à fondre de la fonte pure sur la sole d'un four à reverbère, et à y incorporer du fer obtenu par un bon puddlage ; l'on obtiendra à la fusion des lingots d'acier parfaitement sains, dont les échantillons se travailleront bien au marteau, et dont le grain, sur certaines cassures, ressemblera assez à celui de l'acier commun. Tel a été le mode de fabrication employé dans les essais faits dans la Moselle pour transformer en acier du fer de qualité ordinaire.

On avait bien remarqué, au premier abord, qu'il y avait nécessité de faire l'acier le plus doux possible, et qu'il fallait chercher à abaisser la teneur en carbone des aciers ordinaires. Mais les condi-

(1) Voir dans la 2^{me} note placée à la fin, les travaux de M. Pourcel à ce sujet.

tions étant données, il fût presque impossible de descendre au-dessous d'une teneur en C de 0.20 %.

Pour faire bien comprendre comment les choses se présentaient à cette époque, nous allons prendre un exemple de fabrication.

On charge dans le four Martin 14 % de fonte de 1^{re} qualité dans laquelle on fait fondre du fer de Moselle de qualité bonne ordinaire, c'est-à-dire, ne renfermant plus que 0.40 à 0.50 % de phosphore. On introduit par exemple 79 % de fer. La matière fondue sur la sole est traitée par un courant de flamme, telle, que au bout de quatre à cinq heures, le bain est pour ainsi dire composé de fer presque pur ou ne renfermant plus que 0.05 % de carbone. Nous avons introduit dans le bain 14 k^m de fonte spéciale et 79 k^m de fer ; dans ces 14 k^m de fonte, il y a 6 % k^m de matières étrangères, soit 0 k^m 84 ; il reste donc $14 - 0.84 = 13.16$ de fer pur, le carbone de la fonte avec le silicium ayant été brûlés par le courant de flamme et les scories de la sole, de façon que le bain ne renferme plus que 0.05 % de carbone. Je fais abstraction du soufre et du phosphore pour le poids du fer, et l'on voit facilement pourquoi. Dans le bain, la fonte fournit donc 13 k^m 16 de fer ne contenant plus que 0.05 % de carbone. En introduisant dans le bain 7 k^m de spiegel renfermant 5 p. % de carbone, soit 0 k^m 35, on voit que la quantité totale de carbone contenu dans le bain final doit être de $0.05 \times 92.16 + 0.35 = 0.396$. L'analyse de l'acier obtenu dans ces conditions annonçait 0.27 % de carbone. Cette différence extrêmement importante au point de vue de la fabrication qui nous occupe, s'explique très bien par ce fait, qu'au moment où l'on ajoute le spiegel eisen dans le bain il surnage une scorie très basique, qui a le temps de brûler une partie du carbone de cette fonte pendant l'accomplissement de sa fusion. Nous pouvons donc tenir ce chiffre de 0.27 pour certain, et chercher l'influence du phosphore. Les 14 k^m de fonte spéciale ne renferment pas de phosphore, mais les 79 k^m de fer en contiennent 0.35 %, soit 0.276 ; la fonte spiegel en renfermait 0.06 %, cela fait en totalité 0.28 % de ces matières.

Telles sont les qualités chimiques de la matière fondue au four de Martin, destiné à faire de l'acier pour rails. Coulée en lingots, et laminée en rails, elle va nous montrer les propriétés physiques qu'elle peut apporter dans son emploi pratique.

Cet exemple de dosage d'un acier phosphoreux s'applique aussi bien aux rails qu'on peut fabriquer avec des fontes phosphoreuses et du ferromanganèse qu'à cet essai avec du spiegel-eisen.

Les lingots de ce métal passés aux laminoirs ordinairement employés à la fabrication des rails, ont donné quelques criques qu'on a enlevés à la tranche, et la plus grande partie s'est laminée convenablement. Il ne suffit pas qu'un métal présente de bonnes qualités au point de vue chimique, pour entrer réellement dans le commerce, il faut qu'il résiste aux épreuves successives qu'on lui fait subir au marteau, au laminoir, aux appareils à essayer les métaux. Avec un nouveau métal il fallait un nouveau mode de laminage, un nouveau mode de chauffage ; telles sont les difficultés, tant au point de vue chimique qu'au point de vue mécanique, qu'a surmontées l'usine de Terre Noire.

Puisque nous nous occupons des épreuves mécaniques que doivent subir des rails, par exemple, passons en revue celles qui ont été supportées par les rails d'acier phosphoreux venant de la fabrication d'acier ci-dessus indiquée.

La première consiste à placer le rail sur deux supports en couteau distants de 1^m 10 et adhérents à une chabotte en fonte de 10 tonnes, et à laisser tomber sur le milieu du rail, de hauteurs variables, un mouton de 300 kilog. D'après la pratique de ces sortes d'essais, avec des rails de bonne qualité, la règle est que la flèche permanente avec le mouton tombant de 1^m de hauteur, soit de $\frac{1}{2}$ ^m/_m ; 1^m 50, 3 millimètres ; de 2^m 50, 10 millimètres ; au-delà, la rupture a généralement lieu, et c'est un fait tout-à-fait normal.

Le rail n° 1 en acier phosphoreux avec une hauteur de chute du mouton de 1^m, a donné une flèche permanente égale à 2 ^m/_m ; à 1^m 50 le rail s'est cassé.

Le rail n° 2, le mouton tombant de 1^m, a donné pour flèche permanente 2 millimètres ; de 1^m 50, 6 millimètres ; de 2 mètres, 12 ^m/_m ; de 2^m 50, 20 ^m/_m, et de 3 mètres, il s'est brisé.

Le rail n° 3, qui n'avait que 0.20 % de carbone, a donné, le mouton tombant de 1^m, une flèche permanente de 1 ^m/_m ; de 1^m 50, 4 ^m/_m ; de 2 mètres, 9 ^m/_m ; de 2^m 50, 16 ^m/_m ; il s'est alors rompu sur le support.

On voit, surtout par ce dernier exemple, l'influence croissante de la diminution de carbone, le phosphore restant le même.

Ainsi, voilà une matière différente essentiellement au point de vue chimique de l'acier fabriqué jusqu'à ce jour et qui donne des résultats tels, que, malgré la mauvaise fabrication, ou plutôt une fabrication peu conforme à ses propriétés, on arrive à des résultats presque acceptables pour le commerce.

Les essais à la flexion, qui sont plus accommodants, si je puis m'exprimer ainsi, à l'égard des aciers qui leur sont soumis, vont

nous donner une autre preuve de ce qu'on était en état d'espérer d'une fabrication un peu améliorée.

PRESSIONS.		12 ^e	15 ^e	20 ^e	25 ^e	30 ^e	40 ^e
Acier Bessemer dur type.	flèche élastique.....	1 ^m /m 4	1 ^m /m 7	2.4	3.1	4.1	15.5
	flèche permanente...	0	0	0	0.1	0.6	10
Acier Bessemer doux type.	flèche élastique.....	1	5	1	8	2.5	5.7
	flèche permanente...	0	0	0	2.6	9	25
Acier phosphoreux n° 1.	flèche élastique.....	1	5	1	8	2.4	3.2
	flèche permanente...	0	0	0	0	0.3	8.5
Acier phosphoreux n° 2.	flèche élastique.....	1	6	1	9	2.5	3.2
	flèche permanente...	0	0	0	0.2	6.7	36.9
Acier phosphoreux n° 3.	flèche élastique.....	1	3	1	9	2.7	3.4
	flèche permanente...	0	0	0	0	2.4	6

D'après le tableau ci-dessus, on voit que le nouveau métal, que nous appellerons désormais acier phosphoreux, jouit à la fois des propriétés des aciers doux et de celles des aciers durs. Une autre épreuve non moins importante est celle des essais à la traction et l'allongement permanent. On admet généralement que les aciers pour rails doivent supporter un effort à la traction de 50 à 60 kilog. par millimètre carré, avec un allongement permanent d'environ 20 % à la rupture. Voici quelques allongements de l'acier phosphoreux.

Une barre renfermant 0.38 % de carbone s'est rompue sous une charge de 66 kilog. par millimètre carré de la section primitive, avec un allongement de seulement 10.2 % ; une autre ne renfermant que 0.20 % de carbone, s'est rompue sous une charge de 57 kilog., avec un allongement de 15.5 %.

Il est inutile de vous dire que l'acier phosphoreux fabriqué aujourd'hui présente les mêmes résultats aux épreuves que les aciers ordinaires pour rails, résultats que j'ai donnés en tête de chacun des tableaux ; le travail se fait au four Martin Siemens, et le dosage est fait de telle façon qu'on ne dépasse pas 0.50 % en teneur finale comme poids de carbone et phosphore. La question du travail à chaud a été également très bien résolue, et l'usine de Terre-Noire lamine aussi couramment l'acier phosphoreux que l'acier Bessemer ordinaire.

Je présente à la Société deux échantillons de rails, l'un en fer de Moselle renfermant 0.80 % de phosphore, l'autre en acier phosphoreux renfermant 0.30 % de phosphore, 0.18 % de carbone et 0.45 % de manganèse. Ce dernier a été fabriqué par Terre-Noire avec un mélange de fonte blanche à 0.035 % de phosphore, des bouts de rails phosphoreux et des chutes de rails Bessemer. L'opération a été

terminée avec du ferro-manganèse de façon à introduire dans le bain 1 % de manganèse métallique. Avec ces deux échantillons la Compagnie de Terre-Noire a bien voulu envoyer pour les archives de la Société, un échantillon de ferro-manganèse à 60 % de manganèse métallique, qu'elle fabrique actuellement en grande quantité pour l'obtention des aciers doux et des aciers phosphoreux.

Au sujet de ce dernier produit, le ferro-manganèse, je vous demande la permission de rechercher comment on est parvenu à vaincre les difficultés qui restaient encore pour transformer une matière de peu de valeur en une autre de bonne qualité et à en arriver aux résultats actuels.

Un grand fait métallurgique, malgré dix à quinze années de pratique, avait été jusqu'à présent laissé inexpliqué (1). On savait qu'on ne pouvait faire de bon acier qu'avec des fontes manganésifères. Certains métallurgistes attribuent même une partie des propriétés de l'acier à la présence du manganèse, métal qu'ils considèrent comme indispensable à la constitution de l'acier. Aussi ne faut-il pas s'étonner d'entendre dire que certains aciers renferment de 2 à 3 % de manganèse. Ces teneurs ne sont certainement pas habituelles et ne sont qu'une exception, qu'en parlant du Bessemer non récarburé, M. Siemens semblerait établir comme une règle (2), et à ce sujet je ne puis mieux faire que de citer les chiffres qui m'ont été communiqués par un jeune ingénieur, M. West, très au courant de la question :

« L'excès de manganèse est plutôt nuisible qu'utile et cet excès doit se compter au delà de 0.80 %. Beaucoup d'aciers anglais, allemands, français n'en contiennent que 0.50 % à 0.75 %. Des auteurs prétendent que vers 0.60 à 0.70 %, il y a une combinaison particulière du fer et du manganèse qui constituerait le véritable acier, parce que beaucoup d'analyses donnent ces teneurs.

« Ce n'est qu'une pure supposition ou du moins ces teneurs en manganèse ne proviennent que du mode de fabrication, surtout pour les aciers au creuset. C'est une coïncidence et non une nécessité. Je crois que l'excès de manganèse, tout en conservant au fer sa malléabilité, lui apporte des causes de fragilité et de dureté, quoique à un degré inférieur à celles apportées par le carbone, le phosphore et le silicium. Donc, quand on peut ne pas trop en mettre dans la fabri-

(1) M. Valton a le premier indiqué, en 1866, le rôle désoxydant du manganèse. Voir l'*Industrie minière* de cette époque.

(2) *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, page 343, tome XXXV.

cation c'est le meilleur. C'est par l'emploi judicieux de spiegel plus ou moins riche ou de ferro-manganèse, ou de leur mélange qu'on peut obtenir des résultats satisfaisants. »

Voilà donc des idées parfaitement précises sur l'emploi du manganèse ou de ses alliages. Aux premiers temps de son emploi on lui attribuait des propriétés qui se traduisaient par action de présence, ou bien on disait que tel minerai avait la propension aciériste ou ne l'avait pas, expressions qui ne faisaient que dissimuler l'ignorance des métallurgistes sur sa véritable influence.

Il y a seulement quelques années qu'on a pu sinon expliquer complètement son action, au moins en reconnaître les principaux caractères. Dans l'état présent des connaissances métallurgiques, le manganèse est essentiel dans les procédés de fabrication d'acier qui consistent à enlever tout ou partie du carbone de la fonte par l'oxygène. C'est un métal blanc, très fragile et jouissant de la propriété de s'altérer si rapidement à l'air que jusqu'à présent dans les laboratoires, pour le préserver de l'oxydation, on le conserve dans l'huile de naphte comme le potassium ou le sodium. Des fontes spiegel eisen riches en manganèse se sillonnent, dit-on, quand on les laisse longtemps exposées aux intempéries du temps, de traînées d'oxyde rouge de manganèse. Le métal laissé pendant quelques jours à l'air libre est bientôt remplacé par le même oxyde.

Il n'est donc pas étonnant qu'on ait été si longtemps avant de connaître ses propriétés, vu la difficulté de le préparer. Au point de vue industriel, ses oxydes jouissent de la propriété d'être réduits par le carbone, d'autant plus facilement qu'ils se trouvent en présence d'une plus grande quantité de fer ; mais ils peuvent se combiner à des températures élevées aux bases, telles que la chaux, la magnésie, etc. D'après cela, on conçoit qu'à la fin de l'opération Bessemer, ou de celle du four Martin Siemens, quand on ajoute à un bain de fer liquide renfermant de l'oxygène, soit à l'état combiné, soit à l'état de dissolution, une certaine quantité de manganèse, celui-ci s'emparera immédiatement de cet oxygène, dont il est si avide, pour former, suivant les circonstances, des scories plus ou moins fluides. Si l'on eût coulé ce fer, presque complètement privé de silicium, carbone, etc., et renfermant sous une forme quelconque de l'oxygène, on aurait obtenu un métal manquant de corps et ne pouvant se laminier. Dans cet état de chose, l'addition du manganèse, sous une forme métallique quelconque, est indispensable. Mais on a remarqué que, quand les fontes sont pures, l'acier qui en provient peut résister à toutes les épreuves de ductilité à froid, avec un te-

neur de 0,50 % de carbone ; c'est en dégageant la loi qui semble résulter de cette étude, que les ingénieurs de Terre-Noire ont été conduits à tolérer une plus grande quantité de phosphore dans l'acier et à poser comme principe que la somme des quantités de carbone et de phosphore existant dans l'acier, ne doit pas dépasser 0,40 à 0,50 %. Suivant ces idées, en employant des matières renfermant beaucoup de phosphore, on tombait dans le dilemme suivant, étant donnée la richesse en manganèse des spiegels du commerce environ 10 à 12 %, ou ne pas ajouter assez de manganèse sous forme de Spiegel, et alors l'acier ne pouvait se travailler, ou en ajouter suffisamment et l'acier, contenant alors une trop grande quantité de carbone, était trop dur et devenait cassant.

Si l'on ajoute à cette nécessité d'enrichir les spiegels, pour ajouter beaucoup de manganèse et peu de carbone au bain d'acier, le besoin d'obtenir des aciers doux, on comprendra de suite que l'emploi industriel d'un alliage plus riche que le Spiegel eisen ordinaire était établi.

Devant les revendications qui s'élèvent de toute part au sujet du ferro-manganèse, comme au sujet des aciers phosphoreux, il faut bien établir que si Terre-Noire n'a pas inventé de toute pièce ce mode de fabrication ; ç'a été le talent de ses ingénieurs de l'introduire dans le domaine pratique et d'en faire un procédé réellement industriel.

On lit dans un des derniers numéros de la *Revue des Mines de Cuyper*, des extraits de diverses lettres datées de 1869, de M. Slade, directeur de la Compagnie de New-Jersey à Trenton, qui tendent à prouver la priorité pour ces usines de la fabrication des aciers phosphoreux. Cette réclamation ne peut être fondée, puisqu'au mois d'août 1868, juste une année avant les essais de M. Slade, MM. de Wendel, de Hayange m'envoyaient à Birmingham, à l'usine d'essai de M. Siemens, pour suivre les expériences de fabrication de lingots d'acier avec les fers de Moselle et que ces lingots furent forgés et laminés chez MM. Hick et Hargreaves et C^e, à Bolton. Tous ne réussirent certainement pas, puisque leur composition était très variable, mais ils servirent de guide à la fabrication, qui permit, l'année suivante, de laminier des rails en acier phosphoreux qui pouvaient résister aux épreuves qu'exigent les compagnies de Chemin de fer. C'est donc en vain que M. Slade réclame la priorité de la fabrication des aciers phosphoreux. C'est à MM. de Wendel que revient l'honneur d'avoir commencé et à Terre-Noire d'avoir continué leur fabrication en y apportant les éléments nécessaires pour en faire un produit réellement marchand.

Si nous ne pouvons parler de la fabrication des spiegelés riches en manganèse ou de celle des fers manganèses, nous pouvons du moins montrer les résultats qu'on peut obtenir de leur emploi. En traitant au convertisseur Bessemer des fontes qui ne renferment que des quantités minimales de phosphore, telles que 0,20 %, et en ajoutant à la fin de l'opération une quantité de spiegel riche à 25 ou 30 % de Manganèse, telle que la somme du phosphore et du carbone ne dépasse pas une limite qui jusqu'à présent ne paraît pas devoir aller au-delà de 0,40 %, on peut obtenir des lingots d'un métal qui jouit de toutes les propriétés des aciers ordinaires. De même, au four Martin Siemens, dont l'installation est beaucoup moins coûteuse que celle de Bessemer, si dans un bain de fonte on incorpore du fer ou des vieux rails, de façon que la somme des métalloïdes à la fin de l'opération ne dépasse pas la quantité que nous avons dite, on obtient un produit qui peut subir toutes les épreuves du marteau, du laminoir et toutes les épreuves qu'on peut faire subir à un métal jouissant d'une grande résistance à la traction avec un grand allongement.

Les résultats les plus récents obtenus dans la fabrication des aciers phosphoreux, avec addition de ferromanganèse, ont donné un métal aussi sondable que les aciers doux, en prenant les précautions nécessaires à ce genre d'opération. On a de plus fabriqué, avec des fontes très phosphoreuses, du fer grossièrement puddlé en renfermant encore 0,45 à 0,50 pour cent de phosphore, qui a servi à faire des aciers se laminant bien, et cela à une température aussi élevée que le fer lui-même, paraît-il, à condition de chauffer progressivement. Je ne puis mieux faire, sur un tel sujet, que de vous citer les paroles de M. Pourcel, ingénieur des Haut-Fourneaux et aciéries de Terre-Noire : « Il en est des aciers phosphoreux, comme de toutes les masses cristallines qu'on chauffe, il faut agir avec précaution, élever graduellement la température, parce qu'on traite un solide homogène, dont toutes les molécules sont solidaires les unes des autres, et dans lequel la dilatation joue un grand rôle. »

Tout en conservant l'avantage de l'homogénéité, il est utile de chercher à donner aux molécules de la masse métallique, une certaine mobilité relative, résultat qu'on obtient, paraît-il, très bien pratiquement. C'est pour cela que la question de l'élaboration mécanique occupe dans cette fabrication une des premières places.

De ce que nous venons de dire, il ne faudrait pas croire qu'il y a avantage à ajouter des matières phosphoreuses au fer ou à la fonte qui n'en renfermerait pas. Nous n'avons d'autre but que de faire voir combien l'étude des phénomènes chimiques qui s'introduit de

plus en plus dans le domaine de la métallurgie, y a fait faire de grands progrès. Ceux qui ont des matières pures doivent les conserver le plus possible intactes des souillures du phosphore ; ceux qui ont des matières impures doivent chercher à éliminer le phosphore, et le produit avec ce qu'il en conservera, traité dans certaines conditions, s'élèvera d'un degré dans l'échelle de qualité des produits industriels.

Je vous citerai, par exemple, une fonte très peu phosphoreuse, qui, malgré sa faible teneur en phosphore, n'aurait pu servir, il y a quelques années, à la fabrication de l'acier Bessemer, et qui pourrait donner aujourd'hui, avec les nouveaux procédés, de très bons rails phosphoreux. En voici l'analyse :

Silicium.....	3.62 %
Graphite.....	3.12
Carbone combiné.....	0.40
Soufre	0.069
Phosphore.....	0.139
Manganèse	0.296

Cette fonte a été produite avec des minerais de la Haute-Marne, d'une richesse variant de 35 à 40 %, qui, au point de vue métallurgique, tel qu'il avait été considéré jusqu'à présent, n'étaient propres qu'à faire de la fonte de moulage. Traitée suivant les idées introduites récemment dans le travail du fer, elle donnerait certainement au convertisseur Bessemer ou au four Martin d'excellents résultats. On peut dire qu'une grande partie de la production de la fonte, en France, se trouve dans des conditions analogues de traitement, et il serait heureux, au point de vue général, dans la fabrication des machines ou dans les constructions, de voir employer un métal donnant une plus grande sécurité dans la résistance des pièces, tout en permettant de diminuer leurs dimensions.

Malheureusement, le ferro-manganèse est encore un produit assez cher, et il est désirable que d'importantes améliorations soient apportées à sa fabrication pour en rendre l'usage plus commun. Ainsi, dans le ferromanganèse, le métal coûte de 3 fr. 50 à 4 fr. le kilo. C'est pour cela que dans presque toutes les conditions de fabrication on peut y substituer des mélanges de spiegels riches de 20 à 30 % de manganèse, dans lesquels le manganèse métallique est vendu à un prix très inférieur à celui qu'il coûte dans le ferromanganèse.

Exemple de l'emploi de spiegel riche à 25 % de Mn.

Nous opérons de façon à mettre dans le bain 0.80 % de manganèse, et nous pouvons admettre que le bain ne renferme pas de quantités appréciables de ce métal (1).

Soit X le poids de spiegel à ajouter ; ce dernier renferme, par exemple, 5.5 % de C, 25 de Mn et 1 % de matières autres. Dans 100 kil. de métal formant le bain, X de spiegel apportera 0.75 X en poids de matières autres que du manganèse, et le poids final sera $100 + 0.75 X$, en admettant que tout le Mn est brûlé. Il faut qu'il y ait 0.008 de Mn ou :

$$0.008 [100 + 0.75 X] = \text{la quantité apportée par le spiegel} = 0.25 X.$$

$$0.80 + 0.006 X = 0.25 X.$$

$$\text{D'où } X = \frac{0.80}{0.25 - 0.006} = \frac{0.80}{0.244} = 3 \text{ k}^{\circ} 2 \text{ de spiegel par } 100 \text{ k}^{\circ} \text{ de bain.}$$

Cherchons ce que le mélange renfermera de carbone ; il se compose de 100 k[°] primitifs + 3 k[°] 2 de spiegel = 103.2, et il contient $3 \text{ k}^{\circ} 2 \times 0.055$ de carbone = 0 k[°] 176 de carbone,

$$\text{soit } \frac{0.176}{103.2} = 0.0017 \text{ ou } 0.17 \text{ \%}.$$

Ces 0.17 % de carbone s'appliquent très bien à la fabrication de l'acier doux ou de l'acier phosphoreux, et cette teneur sera réduite encore, parce qu'une partie sera brûlée quand on mettra le spiegel dans le convertisseur.

En admettant que cette fonte coûte 300 fr. la tonne, nous augmenterons le prix de revient de la tonne d'acier de $300 \text{ fr.} \times 0.032 = 9 \text{ fr. } 60$. Si nous voulions employer du ferro-manganèse à 50 % dans le même but en introduisant la même quantité de manganèse, nous aurions moins de carbone, il est vrai, dans l'acier, mais la tonne d'acier aurait été grevée du prix de 16 kilogs de ferro-manganèse ou environ 32 fr. C'est donc lorsqu'on cherche à obtenir des produits presque

(1) Les ingénieurs de Terre-Noire prétendent que pour avoir un métal *parfaitement doux*, le minimum de manganèse à ajouter au Bessemer est de 1,35 à 1,50 % du métal total et 1,25 au Siemens-Martin.

exempts de carbone que ce dernier est indispensable. Je crois que pour éviter la refonte d'un spiegel riche et par suite la perte d'une certaine quantité de manganèse, il peut être très commode d'en chauffer au rouge les morceaux et de les mettre ainsi dans le convertisseur. Dans le cas de fonte à Bessemer très siliceuse, cette précaution serait même inutile (1).

Je termine, Messieurs, cette trop longue lecture, en faisant quelques remarques au sujet du passage du phosphore dans le fer pendant son élaboration. A l'une des dernières séances de la Société des Ingénieurs civils de Paris, M. Lencauchez, se basant sur la fabrication du phosphore à l'état de métalloïde, disait que dans l'élaboration des minerais au haut fourneau, la séparation de l'acide phosphorique de sa base avait lieu par suite de l'action de l'acide silicique qui se trouve en grande quantité dans les lits de fusion ; que cet acide phosphorique mis en liberté, sous l'influence du charbon et du fer, se décomposait et que le phosphore passait ainsi dans la fonte. C'est une comparaison qui paraît très plausible (2).

Il a été généralement admis, jusqu'à présent, que tout le phosphore du minerai passe dans la fonte, ceci n'est vrai que quand la proportion de silice aux bases du lit de fusion est telle que la réaction indiquée plus haut peut s'effectuer. Si la quantité de silice est relativement faible, une grande partie de phosphore va dans le laitier, malgré la plus haute température nécessaire pour fondre celui-ci. Du reste, les actions des corps les uns sur les autres aux hautes températures sont très peu étudiées et il est probable que, outre ce déplacement d'un acide par un autre, suivi d'une réduction, il doit y avoir une influence considérable exercée par les autres corps réducteurs à cette température, tels que les métaux alcalins terreux, etc.

Après vous avoir montré quel parti on avait appris à tirer du phosphore contenu dans le fer, je crois qu'il ne sera pas sans intérêt d'indiquer un procédé non moins rationnel qui consiste à éliminer des minerais. Si la méthode qui a pour but de ne laisser dans l'acier qu'une quantité très faible de carbone, pour faire place au phosphore, présente des chances de succès industriel, les recherches faites en vue d'éliminer ce métalloïde dans les manipulations qui précèdent le travail du fer, c'est-à-dire dans la préparation du

(1) Voir à la fin la 4^{me} note de M. Pourcel sur le passage du phosphore d'un phosphate dans de la fonte.

(2) Voir Berthier, *Essais par la voie sèche*.

minerais lui-même, ont une portée beaucoup plus grande, car elles permettent de traiter des minerais de fer renfermant une quantité de phosphore plus grande que celle qu'on peut laisser sans dangers dans les aciers. L'acide phosphorique qu'on en retire alors devient une source féconde de profit, aussi bien pour l'agriculture que pour les fabricants.

Voici un extrait d'un de ces derniers rapports anglais sur les progrès des industries du fer et de l'acier. Il s'agit d'un procédé pratiqué à Kladno, à l'usine Adalbert, en Bohême, sous la direction de M. Jacobi :

« On trouve les minerais de fer, qui y sont traités dans la formation silurienne inférieure, en une couche de cinquante pieds d'épaisseur; ils ont une couleur gris noir foncé, avec des traces de structure pisolitique, et quelques parties attirables par l'aimant. On les grille dans de petits fours de grillage, après quoi on les met dans des bâches, qui, à l'usine d'Adalbert, contiennent en tout quatre mille tonnes de minerai. On les y soumet pendant quelques temps à l'action d'une solution d'acide sulfureux, obtenu en grillant des pyrites de fer et en conduisant les vapeurs dans deux grandes tours à eau. Le résidu de l'opération est une solution contenant la plus grande partie de l'acide phosphorique renfermé dans le minerai de 3 à 3,3 % à l'état de phosphate d'alumine. En enlevant cette solution on obtient le minerai à un état relativement pur, presque exempt de soufre, qu'on chasse du reste par la calcination et un travail ultérieur, et ne renfermant plus que de 0.28 à 0.40 % d'acide phosphorique. Il donne ainsi d'excellents fers pour rails, fers à T, barres, etc., qu'on n'aurait pu obtenir dans le premier état. Profitant de la propriété qu'une telle dissolution de phosphate d'alumine dans l'acide sulfureux a de déposer le phosphate dissous par une simple ébullition en chassant l'acide sulfureux, on l'extrait du minerai; on la fait passer dans une série de tuyaux chauffés par un foyer et elle s'écoule dans une bêche; là, le phosphate d'alumine se dépose, et, après décantation, on le fait sécher et on le vend comme un engrais très recherché, vu ses propriétés fertilisantes. Suivant M. Jacobi, à l'état sec et sous forme de poudre blanche, il contient de 30 à 33 % d'acide phosphorique, de 26 à 33 % d'alumine, de 8 à 10 % d'acide sulfurique, de 2 à 3 1/2 % de silice, de 20 à 25 % d'eau, et, chose étrange, seulement 1 à 2 % d'oxyde de fer, le fer n'étant presque pas attaqué par la solution d'acide sulfureux.

« Pendant l'ébullition, l'acide sulfureux qui s'échappe des tuyaux est ramené dans les tours de condensation et employé de nouveau

continuellement. Suivant M. Jacobi, la vente du phosphate d'alumine couvre entièrement les frais du procédé. » .

Ainsi nous venons de voir une usine, qui, au lieu d'éliminer le phosphore quand il est déjà allié au fer, dans la fonte ou le fer, proprement dit, s'en débarrasse de prime abord, à l'origine même du travail, et parvient à en tirer un profit avantageux et pour elle-même et pour l'industrie en général. Quoique cette méthode remonte à quelques années, elle ne paraît pas avoir été employée dans d'autres usines. Il n'en est pas moins vrai que c'est dans cette voie qu'on traitera le phosphore d'une façon aussi rationnelle qu'en le faisant servir dans la fabrication du fer comme apportant à celui-ci des qualités ayant quelques analogies avec celles que lui donne le carbone ; car, dans ce dernier cas, plus il aura de phosphore dans les minerais et plus leur emploi sera limité, tandis que dans le cas de l'emploi d'un procédé analogue à celui de M. Jacobi, on pourrait presque dire qu'il est avantageux de traiter des minerais phosphoreux, et qu'au lieu de traiter le phosphore comme ennemi on s'en servira comme allié. La voie est encore largement ouverte dans ce sens, il faut espérer que la science y apportant son concours, on y marchera rapidement. C'est aux chimistes qu'il est donné de résoudre ce grand problème dont la solution sera une source de profits et pour la métallurgie du fer et pour l'agriculture, et je crois que c'est la vraie méthode qui permettra de livrer à l'industrie générale du fer les montagnes de minerais phosphoreux qu'on rencontre le plus dans notre pays.

NOTES COMMUNIQUÉES PAR M. POURCEL.

1^{re} Note.

J'explique autrement le départ du phosphore dans l'opération du puddlage.

Voici un fait. Quand, dans une fusion d'acier phosphoreux au Siemens-Martin, on loupe sur la sole une partie de la matière en fusion, on retrouve tout le phosphore dans l'acier coulé, et des traces seulement dans le fer qui reste collé à la sole. J'ai constaté un jour

0.50 de Ph. dans la matière coulée, alors que l'analyse sur une prise moyenne d'un loup de 1000 kilog. environ resté sur la sole, n'a donné que 0.08 de Ph. avec moins de C. Ces faits dénotent la fluidité du phosphure de fer; et, en effet, les lingots d'acier phosphoreux sont généralement sans soufflure, tellement est grande la fluidité que donne à l'acier la présence du phosphore. Quand on n'a pas le soin de brasser continuellement en coulant, les derniers lingots sont plus phosphoreux que les premiers; y aurait-il liquation? C'est possible.

Je crois donc qu'au puddlage, pour extraire le phosphore des fontes, il faut une haute température qui facilite la réaction des battitures sur le carbure de fer, et renouveler ces battitures qui, après avoir agi comme décarburant, passent dans la scorie dont elles augmentent la fluidité.

La première scorie que l'on coule, emporte la majeure partie du Ph., à l'état de phosphure de fer, et non de phosphate, c'est une liquation qui s'est faite du phosphore avec la scorie. Le phosphure de fer diminuera dans le fer à mesure que l'on multipliera ces lavages par des scories exemptes de phosphore, et l'on pourra d'autant multiplier ces lavages que la température sera plus élevée dans les fours, pour que la réaction des battitures se passe sur la matière ferreuse devenant de plus en plus pâteuse à mesure que le carbone lui est enlevé.

En agissant ainsi, nous avons obtenu un fer ne renfermant plus que 0.12 de Ph., en partant d'une fonte grise de MM. de Wendel, renfermant 1.50 de Ph.

Le puddlage s'est fait sur 150 fonte grise de Wendel.

50 spéculaire à 5 % de Mn.

200

La teneur moyenne en phosphore était de 1.10 à peu près. La fluidité de la scorie était augmentée par le Mn 0. On a renouvelé celle-ci trois fois pendant l'opération.

2^{me} Note.

J'ai fait des dosages de soufre sur la fonte entrée au convertisseur Bessemer et le produit qui en est sorti: j'ai pu constater, comme moyenne de dosages faits sur un grand nombre d'opérations, qu'il y a départ de soufre, de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{3}$ de la quantité entrée, toute proportion

gardée pour le déchet, et que l'élimination est d'autant plus grande, se rapproche d'autant plus du maximum, que le métal coulé est plus chaud. Ayant eu des doutes sur ma manière d'opérer, j'ai fait doser le soufre sur le premier lingot coulé, sur celui correspondant au milieu de la coulée, et sur le dernier lingot, celui sur lequel la scorie arrive. Je n'ai pu ni constater ni faire constater de différence de teneur en soufre entre le premier et le dernier lingot d'une coulée de 3500 kilog. environ, lorsque le métal est moyennement chaud, tandis que ces différences sont très accentuées quand le métal coulé est très chaud.

Ainsi, le premier lingot et celui du milieu de la coulée ayant un métal d'une teneur en S. de 0,05 % $\left(\frac{5}{10.000}\right)$ le métal pris sur le dernier lingot en contenait $\frac{8}{10.000}$ à $\frac{1}{1.000}$. La scorie prise sur le dernier lingot (toujours très siliceuse, à 60 % de silice) contient, dans ce cas, une grande proportion de soufre, plus que dans le métal, tandis qu'elle en est exempte dans une coulée de métal froid, coulant mal. Je crois donc, qu'en outre d'un départ réel de soufre de l'état de SO^2 qui se fait dans l'opération Bessemer, et dont j'ai constaté la présence dans les fumées du convertisseur, il y a de plus une liquation qui s'opère dans la poche lorsque le métal est très chaud, liquation de sulfure de fer et de manganèse. Ces faits expliquent pourquoi on attribue à l'acier coulé chaud des qualités supérieures à celui qui est coulé froid. L'acier coulé chaud est sans soufflure homogène, moins sulfureux, exempt de scorie. Bien corroyé et ressué, il est en tout semblable, comme netteté, aux plus beaux aciers fondus au creuset.

Mais ces belles qualités physiques sont compensées par les difficultés du travail quand il s'agit de faire un produit marchand, des rails, par exemple.

L'acier chaud donne des lingots homogènes, cristallisés, criquants au feu avec la plus grande facilité. Aussi, dans les fabrications de ce genre, on est revenu de l'engouement des premiers temps pour l'acier sans soufflures.

3^{me} Note.

Un acier doux, ou fer fondu avec 1 à $\frac{2}{1000}$ de C, paraît prendre la trempe quand la teneur en Mn. est plus grande que $\frac{3}{1000}$, ne la

prend pas quand la teneur en Mn. est plus petite que $\frac{3}{1000}$. Cette loi n'est pas vraie pour l'acier phosphoreux. Le second est préférable pour tôle de chaudière; le premier, meilleur pour pièces de machine, arbre coudé, fer double T, etc,

Le second résiste de 40 à 45 kilog., avec 25 % d'allongement, au moins, le premier, avec 5 ou $\frac{6}{1000}$ de Mn. résiste à 48 ou 50 kilog., son allongement étant de 20 pour % avant rupture.

Un acier doux craint d'autant moins le feu qu'il renferme plus de Mn., cependant $\frac{7}{1000}$ paraît être un maximum, au-delà, il devient cristallin, par conséquent, fragile au chauffage. Est-ce que pendant le chauffage, l'oxydation se porte sur le Mn. ? C'est probable. Un acier corroyé finit par perdre tout son Mn.

4^{me} Note.

1° J'ai fait fondre, dans un creuset brasqué, de la fonte grise à 3 p. % de Si., avec du phosphate de soude (tri-basique); j'ai obtenu un culot de fonte grise ayant perdu la presque totalité de son Si. et s'étant incorporé à peu près tout le Ph. du phosphate de soude. Le verre qui recouvrait le culot était un silicate de soude coloré par une faible quantité d'oxydes de fer et de Mn;

2° J'ai fait fondre, dans un creuset brasqué, de la fonte grise (au bois) à 2 % de manganèse, et $\frac{1}{2}$ % de Si., en mélange, avec du phosphate de soude (tri-basique). J'ai obtenu un culot de fonte blanche, truitée, s'étant incorporé la moitié du phosphore du phosphate de soude. La scorie qui recouvrait le culot était du phosphate de soude avec du silicate de soude; elle n'a pas été dosée. De la soude s'était dégagée et avait verni le couvercle et la partie supérieure du creuset. Il est probable qu'en prolongeant la fusion, tout le phosphate aurait été décomposé, le phosphore se serait combiné au fer, et la soude se serait dégagée;

3° Les mêmes expériences répétées, en remplaçant par du phosphate de chaux le phosphate de soude, ont donné: 1° avec la première fonte, le même degré à peu près de phosphoration de la fonte, la scorie recouvrant le culot étant un silicate de chaux, avec FeO et MnO, un peu de PhO^s, et de la soude apportée par une certaine

quantité de borax ajoutée au mélange ; 2° avec la seconde fonte , en ajoutant comme fondant du *spath fluor qui dissout* CaO , la fonte a été aussi très notablement phosphorée (de 0.03 a passé à 1.10 de Ph.), la scorie mal rassemblée , ayant l'aspect d'une masse frittée tombant en poussière de l'air. Vous voyez que l'affinité du fer pour le Ph. est si grande, que même le phosphate de chaux, corps très fixe, est décomposé par le carbure de fer de la fonte ; en effet, pour me mettre à l'abri des gaz réducteurs d'un creuset brasqué au noir, j'ai opéré, pour la fonte au bois non siliceuse , dans un creuset brasqué avec de la magnésic pure.

POURCEL.



NÉCROLOGIE

HENRI ESPÉRANDIEU



J.R. inv.

Le 13 novembre dernier, une foule très nombreuse et très sympathique accompagnait à la gare, pour de là être transportés à Nîmes, sa ville natale, les restes mortels de notre cher et regretté collègue, Henri Espérandieu, architecte de la Ville et de la nouvelle cathédrale de Marseille.

Cette mort, aussi prématurée qu'inattendue, au moment même où l'avenir semblait promettre à notre malheureux ami, le calme et la pleine jouissance d'une position honorée, laborieusement et consciencieusement acquise, a jeté sur nous tous, ses amis et ses confrères, une tristesse profonde et le souvenir de ce douloureux événement, demeurera longtemps encore parmi ceux qui, de près ou de loin, avaient pu connaître et apprécier l'aménité de caractère et les solides qualités de celui à qui nous venons dire aujourd'hui un dernier adieu.

Après le juste tribut de regrets que presque tout Marseille a payé à la mémoire d'Espérandieu, nous voulons, à notre tour, retracer dans ce *Bulletin*, au milieu de cette Société qui le comptait comme un de ses membres les plus distingués, la vie simple et pourtant si remplie

de notre collègue, en même temps que les titres nombreux qui le recommandent à la haute estime des architectes et à la reconnaissance de nos concitoyens.

Henri Espérandieu naquit à Nîmes, le 2 février 1829, et de très bonne heure manifesta des dispositions spéciales pour les arts du dessin.

Une circonstance, heureuse pour lui, vint à propos donner un aliment et un but à ses aspirations artistiques. M. Questel, architecte diocésain, contruisait, à cette époque, l'église Saint-Paul de Nîmes, et ce fût sous les auspices et avec les conseils de ce maître, que le jeune Espérandieu commença ses premiers essais d'architecture, auxquels il apportait toute l'ardeur d'une jeunesse laborieuse et le vif désir de conquérir rapidement ses premiers succès.

M. Questel reconnût vite chez son élève des dispositions qui méritaient plus qu'un encouragement banal ; il l'engagea à partir pour Paris, et ce fût, croyons-nous, sur sa recommandation, que quelque temps après, notre ami fût reçu et admis dans l'atelier de M. Vaudoyer.

Dans cette nouvelle situation, et tout en suivant les cours de l'École des Beaux-Arts, il travailla et étudia alors, avec plus d'ardeur encore les principes de son art ; cette assiduité, jointe à une réelle intelligence, lui mérita de son nouveau professeur, non-seulement les encouragements et les conseils de l'artiste, mais encore et surtout une affection sincère et une sollicitude dont il devait bientôt recueillir les effets.

C'est sur ces entrefaites que M. Vaudoyer fût chargé de la construction de notre nouvelle cathédrale ; Espérandieu avait travaillé comme élève et dessinateur à ce projet, et M. Vaudoyer, en créant à Marseille son Agence des travaux, désigna notre collègue pour son premier inspecteur résidant.

C'est alors aussi que nous le connûmes et que bientôt, malgré une apparence un peu froide et une réserve habituelle à son caractère, nous pûmes apprécier et ses qualités et cette bonhomie de l'artiste et de l'ami, sous laquelle se cachaient une grande vivacité d'impressions et aussi une intelligence et un tact que l'on ne pouvait méconnaître après quelque temps d'intimité et de fréquentation.

Dès ce moment s'ouvre pour Espérandieu un avenir certain, heureusement favorisé par les circonstances, appuyé et vivement recommandé par son maître et son ami, M. Vaudoyer, il est mis en avant par ce dernier pour la construction du sanctuaire de *Notre-Dame de*

la Garde, et son projet favorablement accueilli, est bientôt en voie d'exécution.

Peu après, il offre un projet pour l'érection de la colonne votive de l'Immaculée Conception, sise à l'extrémité du boulevard du Nord, et il donne là un nouveau gage de son savoir artistique, que l'on peut justement apprécier dans ce travail délicat.

A cette époque, revient de nouveau en délibération, dans notre Conseil municipal, le projet de construction du *Palais de Longchamp*, destiné à contenir le Musée des tableaux, le Muséum d'histoire naturelle, et en même temps, à caractériser par un *Château-d'Eau* l'arrivée des eaux du canal dans Marseille.

Après divers projets émis par MM. Coste et Danjoy, architectes, et ensuite, par M. Bartholdi, sculpteur, un nouveau projet dressé par Espérandieu et recevant la pleine adhésion de notre édilité est définitivement adopté; on charge ce dernier de le mettre à exécution, il a le bonheur de l'achever complètement et de voir consacrer son œuvre par les suffrages unanimes de l'administration et du public.

C'est dans cet intervalle que M. Bartholdi, après avoir été rémunéré de son travail et alors que le projet d'Espérandieu était en construction, formait contre la ville une demande à titre d'indemnité « pour indue appropriation d'une œuvre, qui selon lui, n'était pas la propriété de l'administration et dont elle n'avait pas le droit de disposer. »

Il ne nous appartient pas de rentrer ici dans l'examen de cette réclamation, mais la mémoire de notre confrère nous oblige à la mentionner, en indiquant sa solution juridique.

Une commission composée de MM. Labrouste, Duban, Baltard et Vaudoyer, architectes du Gouvernement, avait conclu à l'adoption du projet d'Espérandieu, de préférence à celui de M. Bartholdi.

D'autre part, un jugement rendu, après expertise, le 10 janvier 1866, par le Tribunal civil de Marseille, rejetait la demande du sieur Bartholdi à tous les points de vue; enfin un désistement de ce dernier en date du 2 juillet 1866, sur l'appel qu'il avait émis envers le jugement précité, réduisait à néant toutes ses réclamations à ce sujet et terminait ainsi le débat.

En même temps que le Palais de Longchamp, Espérandieu fut chargé de la construction de notre nouvel Observatoire, sur le plateau qui avoisine le premier de ces édifices; cet ouvrage de peu d'importance, comparativement, n'en est pas moins une œuvre de

mérite, moins au point de vue de l'art décoratif toutefois que sous le rapport des difficultés d'un agencement spécial qui demandait une interprétation intelligente et un genre d'architecture approprié à l'objet.

Le dernier ouvrage d'Espérandieu achevé ou à peu près est la nouvelle Bibliothèque et l'École des Beaux-Arts réunis. Cet édifice qui s'élève au point culminant des anciens jardins du Lycée et qui aura son entrée principale vers le haut du boulevard du Musée, est une œuvre fort importante dont l'exécution réclamée, depuis longtemps, répond avec ampleur aux besoins de divers services communaux ; ses principales dispositions, ainsi que son architecture, seront mieux et plus justement appréciés le jour où cette entrée achevée et en rapport avec le monument aura donné à celui-ci toute sa signification.

Depuis la mort si regrettable de M. Vaudoyer, son ancien maître et ami, Espérandieu était chargé de la continuation des travaux de la nouvelle Cathédrale, ouvrage considérable auquel il avait activement collaboré et dont l'achèvement était pour lui, en même temps qu'un hommage pour la mémoire de son ancien professeur, un but de légitime orgueil et une satisfaction d'artiste bien concevables devant une œuvre et un travail de cette valeur ; le destin n'a pas voulu lui accorder cette dernière consolation ; une maladie terrible et qui ne pardonne guère est venue, on peut le dire, le frapper au pied même de ses travaux, et pendant une visite qu'il faisait au sanctuaire de Notre-Dame de la Garde où l'appelaient encore de temps à autre quelques détails d'achèvement.

En dehors de ses travaux administratifs et des divers édifices publics dont il était chargé, Espérandieu trouvait encore le temps de dessiner et de faire exécuter, pour de riches particuliers, des détails charmants de restauration et de décorations intérieures ; sa facilité de travail était extrême, mais il la prodiguait avec une opiniâtreté que nous lui reprochions quelquefois et, malgré un labeur incessant dont son activité semblait se jouer, il était le dernier à se préoccuper d'une fatigue qui le maîtrisait parfois et à certaines heures.

Rien pourtant ne pouvait faire pressentir à ses amis et à ses relations de chaque jour, le coup terrible et inattendu qui devait le frapper, hélas ! ce coup était de ceux qui atteignent surtout les forts et son heure était fatalement marquée, alors que la science pouvait laisser croire et espérer encore une issue moins cruelle.

Inclinons-nous devant les arrêts de la providence et saluons une dernière fois la figure sympathique de notre cher et regretté collègue. La Société scientifique et industrielle de Marseille, considérant comme un devoir confraternel la pensée d'exprimer ici ses regrets, a voulu, en les consignant dans son *Bulletin*, donner à la mémoire d'Henri Espérandieu cette dernière preuve d'estime et ce dernier souvenir.

JULES RICHAUD.



J.R. inv.

COMPTES-RENDUS

DES

SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE INDUSTRIELLE



Séance mensuelle du 8 Octobre 1874.

Présidence de M. BIVER.

M. STAFFER, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, qui est adopté.

L'ordre du jour appelle la communication de M. DENAMIEL sur les bassins de Radoub de Marseille.

M. DENAMIEL fait en quelques mots l'histoire des bassins de Radoub situés à Arenc. Leur création fut décidée à cause de l'insuffisance des bassins qui existaient jusqu'alors. Les nouveaux bassins ont été construits dans une période de six années, de 1866 à 1872. Ils comprennent actuellement quatre formes sèches auxquelles on pourra ajouter sept formes nouvelles, au fur et à mesure que les besoins l'exigeront.

Deux bateaux-portes, défendent l'entrée de la forme n° 1. Le bateau porte amont, est provisoire ; il est destiné à permettre un agrandissement ultérieur. Le bateau-porte aval, peut se loger dans deux rainures différentes, suivant la longueur du bateau introduit dans la forme. La longueur totale des fondations est de 145 mètres. Il y a deux fosses à gouvernail pour pouvoir sortir aisément le gouvernail.

Le bateau-porte consiste essentiellement en une coque métallique que l'on peut remplir d'eau et qui est munie de deux vannes. Pour relever le bateau-porte et mettre à flot le navire réparé, on vide la coque, ce qui rend le bateau-porte apte à flotter, puis on ouvre la vanne qui laisse entrer l'eau de mer dans la forme. Trois banquettes échelonnées dans la forme, permettent de placer commodément les accores qui soutiennent le navire en réparation. Les tins qui supportent la quille sont disposés sur une rigole centrale

destinée à colliger les eaux d'infiltration. Dans le profil de la forme, on a ménagé une cloison en briques creuses, ayant pour but de réunir les eaux qui auraient traversé les premières couches de maçonnerie. Dans les premières formes construites, ces cloisons ont donné beaucoup d'eau, tandis que dans les dernières, l'étanchéité a été bonne. Pour les formes projetées en vue d'un agrandissement, on a construit les rainures des bateaux-portes, ce qui rendra aisé l'établissement de la nouvelle forme.

L'assèchement des formes actuelles a été ménagé de la manière suivante : un égoût général avec une vanne à chaque forme vient aboutir à la machine d'épuisement. Dans la première partie, cet égoût est en fonte avec un matelas circulaire de maçonnerie : dans la deuxième partie, il est en briques. L'égoût vient déboucher dans un puisard maçonné, portant un plancher sur lequel sont établies les quatre pompes rotatives qui servent à l'épuisement. Ces pompes sont mues par quatre machines auxquelles la vapeur est fournie par six chaudières à tubes diaphragmés. Les machines sont de quarante chevaux chacune.

On a choisi les pompes rotatives comme les moins coûteuses de frais de premier établissement et surtout parce que leur débit variant suivant la charge, augmente avec la diminution de hauteur d'eau. Une garniture hydraulique, due à M. Barret, ingénieur des Docks, empêche l'usure des paliers et augmente le rendement de 30 % environ. Les pompes réunies peuvent épuiser 100,000 mètres cubes d'eau par jour.

On a établi sur la passe un pont métallique mobile du poids de 700 tonnes et qui supporte une voie ferrée, une voie charretière et un trottoir pour les piétons. La charge du pont est reportée sur un pivot unique à l'aide d'un chevêtre qui repose sur le pivot par un patin-sommier en fonte. Le pivot s'engage dans un corps de presse en fer forgé. L'eau destinée à la compression vient des accumulateurs hydrauliques des docks à 50 atmosphères. Une petite machine installée près du pont quintuple cette pression qui eût exigé une presse de trop grand diamètre.

Lorsqu'on veut manœuvrer le pont, on le fait tourner sur trois galets de culasse et sur son pivot après avoir soulevé ce dernier de 8 centimètres. La rotation est effectuée à l'aide de grues hydrauliques à chaînes et ferme le pont en quatre minutes environ.

M. DENAMIEL termine sa communication en indiquant les prix de revient des formes par m³ de capacité. Ces prix ont été de 52 francs

pour les grandes formes et de 57 pour les petites. La dépense afférente à l'ensemble des bassins de Radoub, s'est élevée à huit millions.

M. DENAMIEL répond à une observation faite par M. LUGAND sur l'hypothèse de plusieurs formes à épuiser simultanément, que pour éviter les rentrées d'eau d'une forme dans l'autre, on préfère, en général, les épuiser successivement ou deux par deux.

La Société a reçu membre-fondateur M. BARBAN, représentant de la Compagnie des Fonderies et Forges de Terre-Noire, la Voulte et Bessèges.

Séance mensuelle du 12 Novembre 1874.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, lequel est adopté.

M. THIÉBLEMONT a la parole pour une communication sur l'acier phosphoreux. — On a trouvé aujourd'hui les moyens de débarrasser le fer de presque tous les corps étrangers. Le phosphore seul, à cause de son affinité pour le fer, y demeure toujours dans une certaine proportion. Pour éliminer le phosphore on a opéré sur la fonte phosphoreuse par l'affinage au four à puddler à très haute température. Ce procédé est coûteux. Les essais pour affiner le fer après l'avoir carburé de nouveau, n'ont pas donné de résultats économiques. Il faut mentionner aussi les essais par les carbures d'hydrogène, et surtout par le nitrate de soude, ce dernier fort ingénieux mais très coûteux.

MM. de Wendel entreprirent alors de chercher à fabriquer des rails d'acier avec les fontes de la Moselle, qui renferment plus de 1 p. 0/0 de phosphore. Le procédé consiste dans le traitement au four Martin Siemens, d'un mélange de fonte de première qualité, de fer bon ordinaire et de fonte Spiegel. Après le traitement on obtient un acier dont la teneur en carbone est de beaucoup inférieure à la teneur en carbone totale des éléments employés, grâce à l'oxydation produite par la flamme sur le bain. Quant au phosphore, il demeure dans la masse et le produit obtenu contient environ 0.45 à 0.55 p. 0/0 de matières étrangères, phosphore, carbone, etc.

Quelques résultats numériques indiqués par M. Thiéblemont établissent que l'acier phosphoreux, au point de vue des épreuves au choc et à la flexion, se comporte tantôt comme l'acier doux tantôt comme l'acier dur, suivant les proportions de carbone et de phosphore qu'il contient

M. THIÉBLEMONT présente à la Société des échantillons de rails, l'un en fer de Moselle, l'autre en acier phosphoreux, ainsi que de ferromanganèse à 60 p. 0/0 de manganèse, produit fabriqué couramment à Terre-Noire pour l'obtention des aciers doux et phosphoreux.

M. A. JULIEN donne, d'après l'*Engineering*, des détails sur la construction d'un nouveau marteau-pilon anglais. Les derniers marteaux-pilons construits, ne dépassaient pas un poids de 25 à 30 tonnes; les marteaux employés à l'usine Krupp exceptés. Mais les détails relatifs à ces derniers étaient ignorés ainsi que tout ce qui concerne cette usine. Récemment, l'Angleterre confia à M. Nasmith, la construction d'un pilon destiné à forger des canons de 80 tonnes, destinés à un navire dont la cuirasse doit avoir 0^m 60^e d'épaisseur. Il fallait pour cela un marteau-pilon spécial.

Les fondations de ce marteau-pilon, sont établies sur les terrains vaseux de la Tamise, éminemment compressibles. Elles sont disposées comme suit :

Sur cent pilotis de 30 centimètres de diamètre et ayant une fiche de 9 mètres, disposés suivant un carré de 12 mètres de côté et dont la partie émergeant du sol est noyée dans un massif en béton, repose une plaque en fonte en trois morceaux, d'un poids total de 95 tonnes, surmontée elle-même de deux rangées superposées de madriers placées à angle droit l'une avec l'autre. Sur cette base, deux nouvelles plaques de fonte, puis une nouvelle rangée de madriers en chêne, ayant 52 centimètres d'équarissage, et enfin une plaque à ergots recevant le chabotte circulaire de l'enclume et l'enclume complètent le système des fondations, le tout est noyé dans le béton, qui est arrasé au niveau supérieur de l'enclume.

La fonte préparée dans des cubilots était ensuite emmagasinée dans des réservoirs convenablement isolés dont on maintenait la température par la combustion de bois légers à la surface de la fonte. Le réservoir était ouvert quand la quantité de fonte fabriquée était suffisante et la coulée avait lieu en une minute. Le refroidissement de l'enclume seule a duré six mois. Les pièces fabriquées étaient transportées sur un chemin formé par des rouleaux faits avec des débris de canons surmontés de plusieurs rangées de madriers en chêne, au moyen d'un charriot plat. Sur la pièce à transporter, était installée

une grue pivotante qui manœuvrait d'arrière en avant les canons, roulettes mobiles de ce charriot gigantesque. Un cric puissant amarré à la pièce à transporter, servait à l'avancement.

M. PETIN, présent à la séance, dit qu'il a vu le marteau Nasmith entièrement achevé et donne quelques détails sommaires sur le pilon lui-même, qui est relativement léger et n'offre rien de bien particulier.

M. JULIEN ajoute quelques mots sur le marteau-pilon de Saint-Petersbourg, système Morrisson.

Le dépouillement du scrutin pour la nomination des commissaires à la vérification des comptes, donne :

A M. VIALLET, 8 voix.

A MM. LUGAND, CAHIER, DUFOUR, 5 voix.

MM. LUGAND et DUFOUR s'excusent de ne pouvoir accepter ce mandat faute de temps.

MM. VIALLET et CAHIER en demeurent donc chargés.

M. le Président exprime les regrets de la Société au sujet du décès de M. Espérandieu, architecte de la Ville et de la Cathédrale, qui a été Vice-Président de la Société pendant les deux premières années et qui était encore Président de la section d'Architecture. Il annonce l'envoi à la Société d'un dessin d'une disposition nouvelle des machines d'extraction par M. Desprez. Ce dessin sera renvoyé à la section de mécanique.

La Société a reçu Membres Fondateurs :

MM. VILLARD, ingénieur, présenté par MM. BIVER et STAPPER.

AUBERT, Clément, ingénieur, présenté par MM. BIVER et LAUGIER.

BIDOIS, Charles, ingénieur, présenté par MM. STAPPER et LOMBARD.

Assemblée générale du 10 Décembre 1874.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, qui est adopté.

M. VIALLET lit le rapport des Commissaires nommés dans la dernière séance pour la vérification des comptes du Trésorier. M. STAPPER

lit le rapport du bureau sur l'état de la Société pendant l'année 1874. Ces rapports sont adoptés sous réserve de la modification proposée pour la date d'arrêté des comptes.

Il est procédé au dépouillement du scrutin sur l'admission de MM. Jules ROUX, BARTHELET et ASQUIER, qui sont reçus à l'unanimité membres de la Société.

M. THIÉBLEMONT complète en quelques mots sa communication sur les aciers phosphoreux.

D'après des expériences faites par M. Pourcel, ingénieur à Terre-Noire, sur les fours Siemens-Martin, le phosphore, quand on coupe le fer, passe en majeure partie dans le métal liquide surnageant, tandis que le fer qui reste sur la sole en contient très peu. Si on ne brasse pas l'acier pendant la coulée, les derniers lingots coulés sont plus phosphoreux que les premiers, ce qui tient peut-être à ce qu'il se ferait une liquation.

M. LUGAND dit que dans les récentes dispositions de chaudières à vapeur, les ingénieurs se sont surtout préoccupés de créer une circulation d'eau aussi active que possible. La circulation active de l'eau diminue les dépôts incrustants et régularise la production de vapeur, mais elle n'augmente que fort peu cette production, qui ne dépasse pas 18 à 30 kilos par mètre carré. D'un autre côté, dans les appareils chauffés à la vapeur saturée dans les serpentins, on remarque que la production de vapeur s'élève jusqu'à quatre cents kilogrammes par mètre carré de surface. Cependant la température de la vapeur ne dépasse guère que de 100° celle de l'eau à vaporiser, tandis que la différence moyenne de température est de 500 à 600 degrés pour les chaudières chauffées par les gaz de la combustion. Cette différence d'effet tient à l'état physique des gaz et des vapeurs saturées.

La vapeur saturée aurait, d'après M. LUGAND, une température égale dans une même section d'un tube.

Pour les gaz, il n'en serait pas ainsi. Les gaz refroidis au contact du métal isoleraient la paroi du tube de l'action du courant de gaz chaud. Les gaz permanents cèdent en effet leur chaleur dans un temps très court comme le prouve l'action des toiles métalliques.

Une série d'expériences faites par M. LUGAND et dont il fait une brève description, l'a amené à conclure que dans un serpentin chauffé par la vapeur saturée il y a nécessairement une condensation égale à la vaporisation produite. Le métal se trouverait donc à une température moyenne entre la vapeur de chauffage et l'eau à vaporiser. Il en résulte qu'une vaporisation considérable par unité de

surface ne constitue aucun danger pour le métal. Celui-ci ne pourrait être brûlé que s'il se formait des dépôts isolant le métal de l'eau à vaporiser.

Le moyen employé par M. LUGAND, pour détruire l'action des couches isolantes de gaz qui se forment au contact du métal, consiste dans l'interposition, sur le parcours de la fumée et des gaz chauds, de disques découpés en étoile dont les rayons laissent entre eux un espace libre, égal à la section de la cheminée, pour ne pas gêner le tirage. Ces disques brassent énergiquement les gaz et reportent sur la paroi la chaleur du courant central.

En outre, le brassage favorise la combustion complète des gaz combustibles qui n'ont point été brûlés sur le foyer, et on constate une grande diminution et même, dans certains cas, l'absence totale de fumée.

Les effets ainsi obtenus se rapprocheraient de ceux de la vapeur saturée.

M. LUGAND a déjà installé plusieurs chaudières horizontales de son système. Pour les chaudières verticales on rencontre une certaine difficulté pour le disque inférieur qui doit résister sans se déformer à l'action des gaz chauds.

M. BIVER dit qu'il serait important d'avoir, par une observation directe, la température du métal de la chaudière.

M. STAFFER demande quelle sera la durée des disques.

M. LUGAND dit que jusque à présent les disques se sont très bien comportés au feu. Il fait remarquer que dans les chaudières verticales tous les disques sont taraudés sur la tige qui les porte afin que la rupture de l'écrou inférieur ne puisse entraîner la chute des disques.

Il est procédé à la nomination du bureau.

Sont nommés :

M. PASCAL,	<i>Président honoraire.</i>
MM. BIVER,	<i>Président.</i>
GOUIN,	<i>Vice-Président.</i>
ESTRANGIN, A.,	»
Jules ROUX,	»
STAFFER,	<i>Secrétaire.</i>
ROUFFIO,	»
GUISAN,	»
BUBATON, G.,	<i>Trésorier.</i>

MM. JULIEN, A ,	<i>Bibliothécaire.</i>
SERMENT,	»
ALLAR, G.,	<i>Commissaire.</i>
LOMBARD,	»
LAUGIER,	»
PÉTIN,	»

RAPPORT DU BUREAU.

MESSIEURS ,

Votre Bureau a eu, pendant l'année qui vient de s'écouler, à mettre à exécution les mesures adoptées par votre dernière Assemblée générale dans le but d'augmenter la prospérité de la Société, et en même temps à opérer son installation dans un local plus approprié à ses besoins.

Vous verrez que ces changements, quoique prévus, ont quelque peu troublé l'équilibre de nos finances, mais que notre situation s'est considérablement améliorée.

Selon le vœu exprimé à la dernière Assemblée, nous avons proposé l'échange de nos *Bulletins* à toutes les Sociétés analogues à la nôtre, avec qui nous avons pu nous mettre en relations.

Actuellement nous recevons à titre d'échange 35 publications périodiques, journaux ou bulletins de Sociétés savantes. Le chiffre de nos abonnements a pu ainsi être légèrement réduit sans porter atteinte à la richesse de notre cabinet de lecture.

Les achats de livres, par suite de l'acquisition en bloc de la bibliothèque de notre regretté collègue Niclose, se sont élevés à 818 fr., soit les 80 % des droits d'entrée perçus dans l'année, et notre bibliothèque, dont les vitrines sont déjà remplies, contient actuellement 429 volumes pour la plupart reliés.

Le nombre des membres fondateurs, qui était de 126 l'année dernière, s'est accru pendant cette année de 25 nouveaux y compris les 3 que nous venons de recevoir; mais par suite de 7 décès, 2 départs et 4 démissions, nous commençons l'année au nombre de 138.

Nous nous sommes attachés à recruter, autant que possible, des membres associés en dehors de la ville de Marseille, conformé-

ment à l'article 4 modifié de nos Statuts; leur nombre est actuellement de 29.

Nous avons accordé des cartes d'étrangers payantes à 10 personnes qui ont apporté un concours assidu aux travaux de la Société; de même que nous avons lieu de compter sur les communications intéressantes de nos correspondants.

Enfin 19 établissements industriels ou financiers de notre ville nous ont accordé, pour 1874, des subventions de 100 francs que la plupart ont promis de renouveler l'année prochaine.

Nous avons donc des ressources suffisantes pour payer nos frais généraux et équilibrer notre budget de dépenses courantes.

En effet, nos recettes imputables à ce compte, se sont élevées à 9370 francs et nos dépenses à 9378 francs 73 cent.; un déficit de 8 francs 73 cent. seulement.

SAVOIR :

RECETTES :		DÉPENSES :	
Cotisations	6,228 »	Abonnements.....	758 25
Subventions	1,900 »	Fournitures et divers.....	863 85
Membres associés	420 »	Personnel	2,710 20
Cartes payantes.....	140 »	Loyer et Assurances.....	1,888 30
Vente de Bulletins.....	87 »	Eclairage.....	235 38
Cotisations à recouvrer.....	595 »	Chauffage	85 30
		Bulletin et imprimés.....	2,433 20
		Entretien du mobilier	87 15
		Reliures.....	367 10
TOTAL.....	<u>9,370 »</u>	TOTAL	<u>9,378 73</u>

La somme de 325 francs, qui a été portée l'année dernière comme restant à recouvrer, a été perçue intégralement, et nous avons lieu de croire qu'il en sera de même de la somme de 595 francs portée au présent compte.

Quant au compte capital, nous avons pour payer 818 francs de livres et 3700 francs environ d'installation et d'achats de meubles.

Un reliquat de 2515 francs de l'année dernière,

1000 » de droits d'entrée,

et 200 » environ d'agio chez notre banquier;

soit un déficit d'environ 800 francs.

Nous comptons donc plus que jamais sur les subsides des établissements de notre ville qui nous ont si généreusement aidés l'année

dernière et qui ne nous abandonneront certainement pas maintenant que notre institution a commencé à porter des fruits.

En effet, en même temps que nous nous rapprochions du centre des affaires et que nous entrions en possession d'un local convenable, nous avons complété notre organisation intérieure en constituant trois sections principales.

La première, celle d'Architecture, fonctionne régulièrement depuis près d'une année, et les deux autres, celle de chimie et celle de mécanique, ont déjà à leur ordre du jour des travaux importants.

Enfin, la place de la Société Scientifique industrielle est marquée dorénavant dans les Conseils de la cité phocéenne; elle peut avec confiance étudier et discuter les choses qui intéressent la ville, et ses conclusions ne seront pas sans influence sur les décisions de nos édiles comme l'a montré la résolution prise au sujet du bassin d'épuration des eaux du Canal.

Espérons que nos industriels comprendront enfin que notre Société est un centre d'études et de renseignements qui les intéresse tout spécialement, et qu'ils viendront, en augmentant le nombre de nos membres, lui donner une vitalité comparable à celle des Sociétés plus récentes de Lille et de Rouen, dont les membres se comptent déjà par centaines et qui possèdent un budget à l'abri de toute éventualité.

Le Secrétaire,

D. STAPFER.

RAPPORT

de la Commission nommée pour la vérification des écritures du Trésorier.

MESSIEURS,

Nous venons vous rendre compte de la mission que vous nous avez confiée dans votre séance du 12 novembre, à l'effet de vérifier les comptes de Monsieur le Trésorier.

Après avoir contrôlé attentivement tous les articles du livre de caisse et nous être assurés qu'ils avaient été exactement reportés aux

différents chapitres qui leur sont afférents dans les autres livres, nous avons résumé la situation de la Société au 31 octobre dernier.

Les recettes de toute nature y compris une somme de 595 francs (cotisation à recouvrer)

Se sont élevées à..... F. 13,373 60

Les dépenses ont été de..... 8,871 33

Solde en caisse..... F. 4,502 27

Nous vous demandons en terminant, Messieurs, si vous ne jugeriez pas plus conforme aux usages financiers d'arrêter dorénavant les comptes de la Société au 31 décembre de chaque année ; cette époque correspondant avec l'établissement des comptes d'intérêts dans les diverses Sociétés de Crédit et avec le renouvellement du Bureau.

MARSEILLE, le 7 Décembre 1874.

CAHIER ET VIALLET.

Liste des donateurs qui ont souscrit en 1874 pour une somme de 100 fr.

Les Docks et Entrepôts de Marseille.
Les Messageries Maritimes.
La Société des Forges et Chantiers.
MM. Émile DUCLOS et C^o.
Les Charbonnages des Bouches-du-Rhône.
MM. PAQUET et C^o.
MM. Michel ARMAND et C^o.
Les Transports Maritimes.
M. FRAISSINET, armateur.
La Société des Mines de la Grand'Combe.
Les Raffineries de Saint-Louis.
MM. JULLIEN, tanneurs.
La Société de Navigation mixte.
La Chambre de Commerce.
Le Crédit Agricole.
L'Usine à gaz et Hauts-Fourneaux.
La Société Générale.
M. PUY, Michel.
La Société des Mines de Bességes.

Ouvrages reçus pendant le 4^m trimestre 1874 (Échanges)

- De l'Association Scientifique de France :
Les n^{os} 361 à 373 de son Bulletin ;
- de la Société Scientifique et littéraire d'Alais :
Son 2^m Bulletin de 1873 ;
- de la Société Industrielle d'Amiens ;
Son Bulletin de juillet 1874 ;
- de la Société d'Horticulture de Marseille :
Ses Bulletins de septembre, octobre et novembre 1874 ;
- de l'Association des anciens élèves de l'Ecole Centrale :
Ses Bulletins de septembre et octobre 1874 ;
- de la Société des Ingénieurs civils de Paris :
Ses Comptes-Rendus d'octobre à décembre 1874 ;
- de la Société de Géographie de Paris :
Ses Bulletins d'août, septembre et octobre 1874 ;
- de la Société des Sciences Industrielles de Lyon :
Ses Annales d'avril, mai et juin 1874 ;
- de la Société Industrielle de Reims :
Son Bulletin n^o 42, 1874 ;
- de la Société des anciens élèves des Ecoles d'Arts-et-Métiers :
Ses Bulletins d'août, septembre et octobre 1874 ;
- de l'Union des Charbonnages de Liège :
Ses Bulletins d'août à novembre 1874 ;
- de la Société Industrielle de Mulhouse :
Ses Comptes-Rendus de septembre, octobre et novembre et
ses Bulletins d'août et septembre 1874 ;
- des Annales Industrielles :
Ses livraisons du 4^m trimestre 1874 ;
- de la Revue Industrielle :
Ses numéros d'octobre à décembre 1874 ;
- de la Revue Maritime et Coloniale :
Ses numéros d'octobre, novembre et décembre 1874 ;
- de la Société de Ingénieurs civils de Londres :
Ses Bulletins de 1873-74 ;
- de la Société centrale des Architectes de Paris :
Ses Bulletins de septembre, octobre et novembre 1874 ;

de la Société française de photographie :

Ses Bulletins d'octobre, novembre et décembre 1874 ;

de la Revue Universelle des Mines, de Ch. Cuyper :

Ses numéros de juillet à octobre 1874 ;

des Annales du Génie civil :

Ses numéros de septembre à décembre 1874 ;

de la Société Industrielle du nord de la France (à Lille) :

Ses Comptes-Rendus de septembre à novembre et son Bulletin de juin 1874 ;

de la Société Industrielle de Rouen :

Ses Bulletins d'avril à septembre 1874 ;

du Musée de l'Industrie de Belgique (à Bruxelles) ;

Ses Bulletins de janvier à novembre 1874 ;

de la Société Industrielle et Commerciale de Troyes ;

Son Compte-Rendu de novembre et ses Bulletins de 1873 ;

de la Société des Sciences de l'Agriculture et des Arts de Lille ;

Ses Mémoires de 1874.

La Société a reçu pendant le trimestre :

de M. STAPFER :

Deux photographies, appareil à vapeur pour cabestan et gouvernail à vapeur ;

de M. JOUBERT, professeur à Montpellier :

Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris ;

de M. FLOURNOIS, professeur à Genève (Suisse) ;

Rapports trimestriels du Conseil Fédéral Suisse aux gouvernements qui ont participé à la subvention de la ligne de Saint-Gothard ;

de M. A. THOMAS, de Lille :

Théorie démonstrative du planimètre polaire d'Amsler ;

de M. CLAUZEL :

Considérations sur le Commerce de la Boulangerie à Marseille ;

de M. EDWARD ROSENBUSCH, de Malte :

Simultaneous Transmission of Telegrams in opposite direction on the same Line ;

de M. JULIEN, Alfred :

Percement de l'Isthme de Suez ; exposé et documents officiels, par F. de Lesseps ;

Nouvelles Annales d'Agriculture, par C. Opperman (5 volumes) ;

de M. le docteur MIREUR :

La Syphilis et la Prostitution dans leurs rapports avec l'hygiène, la morale et la loi ;

de M. G. LELOUTRE, de Lille :

Recherches expérimentales et analytiques sur les machines à vapeur, chapitre II ;

de M. E. GAUTHY, de Bruxelles :

Les Substances alimentaires et de consommation comme produit de l'Industrie ;

de la SOCIÉTÉ CENTRALE DES ARCHITECTES DE PARIS :

Rapport du Jury, des récompenses à décerner à l'architecture privée en 1874, par Ch. Lucas ;

de MM. CAYOL Frères :

Six photographies de machines et appareils des Forges et Chantiers de la Méditerranée ;

Trois photographies, Bassins du Radoub de Marseille ;

Une photographie, Ateliers de la Fabrique d'Allumettes de MM. Roche et C^e, de Marseille ;

de M. PÉPIN, Jules :

Lavage des charbons, par Max Evrard ;

Préparation mécanique des charbons, par Max Evrard ;

Notice sur l'usine d'agglomération des menus charbons de la Compagnie anonyme de Chazotte, près Saint-Étienne, par Max Evrard ;

Traitement des houilles, machines et appareils propres au lavage et au classement des charbons, par Max Evrard ;

Fours à sole mobile inclinée pour le puddlage du fer et la fabrication de l'acier fondu, par Ch. Pernot.

Four à pudler à sole tournante, par Ch. Pernot ;

Quatre photographies de machines et appareils de l'usine de Saint-Chamont.

de la SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DU NORD DE LA FRANCE :

Étude sur la mortalité des jeunes enfants à Lille, par le docteur Houzé de l'Aulnoit.

Liste des membres reçus pendant le 4^{me} trimestre 1874.

Fondateurs : MM. BARBAN, A., représentant des fonderies et forges de Terre Noire, la Voulte, Bességes et les houillères de Lalle.

» AUBERT, Clément, ingénieur, fabricant de glucose (Chevalier de la Légion d'Honneur).

» BIDOIS, Charles, ingénieur civil.

» VILLARD, Émile, ingénieur des mines, chez MM. Michel Armand.

» ROUX, Jules, négociant fabricant de savons.

» BARTHELET, E., négociant.

» ASQUIER, François, fondeur de cuivre.

Associés : THOMASSO, Picco, inspecteur des télégraphes italiens, à Gênes (Italie).

» PAUL, Amédée, directeur de l'Eastern telegraph C^o, à Bône (Algérie).

» ROSEBUSCH, Edward, general superintendent Engineer Mediterranean extension telegraph C^o limited, à Malte.

» GUILLEMIN, ingénieur adjoint des Messageries Maritimes, à la Ciotat.

» CHALONGES (DE), ingénieur adjoint des Messageries Maritimes, à la Ciotat.

» MONTEFIORE-LEVI, ingénieur, place de l'Industrie, 34, à Bruxelles.

» MONTEFIORI, Ad. N., ingénieur, rue de la Victoire, 59, à Paris.

» CHALMETON, Ferdinand, ingénieur, rue Jeanne-d'Arc, à Nîmes.

L'un des Secrétaires, gérant :

F. ROUFFIO.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

	Pag.
Acier phosphoreux, par M. Thiéblemont	235
Analyse des huiles, par M. Massie	486 et 490
Anthracène et alizarine artificielle, par M. Marquisan.....	422 et 443
Appareil Orsat, par M. Alfred Julien.....	57
Assèchement de charbonnages, par P.-E. B.....	497 et 498
Architecture industrielle, par M. Richaud.....	98
Bassins de Radoub, par M. Denamiel.....	200
Briqueler Pierre, Nécrologie.....	47
Câbles télégraphiques sous-marins, par M. Ternant.....	89 et 424
Chaudières à disque, par M. Lugand.....	264
Classification minéralogique, par M. Reynès.....	426
Combustibles en Espagne, par M. Villot.....	20, 65 et 419
Donateurs de 1874	269
Eaux du bassin d'Arcachon, par M. Dony.....	35 et 53
Eaux et forêts de Fribourg (Entreprises de la Société des), par M. Flournois.....	40 et 52
Équivalent mécanique de la chaleur, par M. Violle.....	55 et 434
Espérandieu Henri, nécrologie, par M. Richaud.....	254
Filtration des eaux, par M. Monnier.....	476 et 493
Général-Paoli (Paquebot), par M. Lagrafel.....	459 et 493
Grappin Reboul, par M. Stapfer.....	488
Incendie à l'usine de la Compagnie Générale des Pétroles, par M. Guisan.....	469 et 492
Lignites du Var, par M. Dieulafait.....	426
Liquides lancés par les pompes et les bouches à feu, par M. Barret.	248
Machines marines, par M. Stapfer.....	43 et 50
— d'épuisement des mines, par M. Biver.....	109 et 428
Membres de la Société au 31 mars 1874.....	5
— reçus pendant l'année 1874.....	60, 432, 495 et 273
Percement du Saint-Gothard, par M. Flournois.....	52
Publications reçues ou échangées en 1874.....	58, 430, 494 et 270
Rapport de la Section d'Architecture, par M. Turcat.....	483
— sur la comptabilité de 1874, par MM. Viallet et Cahier.....	268
— du Bureau pour 1874, par M. Stapfer.....	266
Résistance des fils de fer, par M. Sévoz.....	474 et 492
Saccharimètre Cornu, par M. Croullebois.....	49
Tuyaux de descente des eaux pluviales, par M. Déménieux...	53 et 64

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

Pag.

CHIMIE INDUSTRIELLE.

MINES.

PHYSIQUE.

ARCHITECTURE ET TRAVAUX PUBLICS.

NÉCROLOGIE.

Digitized by Google

COMPTES-RENDUS.

Pag.

Séance mensuelle du 9 janvier 1874 :

Note de M. Croullebois sur le saccharimètre Cornu	49
Note de M. Stapfer sur les machines marines.....	50

Séance mensuelle du 12 février 1874 :

Note de M. Flournois sur les entreprises industrielles de la Société des eaux et forêts de Fribourg.....	52
Note de M. Déménieux sur les tuyaux de descente des eaux.....	53
Etude des eaux de la mer, par M. Laugier	53

Séance mensuelle du 12 mars 1874 :

Note de M. Violle sur l'équivalent mécanique de la chaleur	55
Description de l'appareil Orsat, par M. A. Julien.....	57

Séance mensuelle du 9 avril 1874 :

Note de M. Villot sur les combustibles en Espagne.....	119
Note de M. Ternant sur la pose des câbles télégraphiques sous-marins	121

Séance mensuelle du 24 mai 1874 :

Note de M. Marquisan sur l'anthracène et l'alizarine artificielle. ...	122
Note de M. Dieulafait sur les lignites du Var.....	126

Séance mensuelle du 12 juin 1874 :

Note de M. Reynès sur la classification des minéraux.....	127
Note de M. Biver sur les machines d'épuisement.....	128

Séance mensuelle du 9 juillet 1874 :

Note de M. Massie sur l'analyse qualitative des huiles.....	186
---	-----

Séance mensuelle du 13 août 1874 :

Note de M. Stapfer sur le grappin Reboul.....	188
---	-----

Séance mensuelle du 24 septembre 1874 :

Note de M. Sévoz sur la résistance des fils de fer.....	191
Note de M. Guisan sur l'incendie de l'usine de la Compagnie générale des pétroles.....	192
Note de M. Lagrafel sur le paquebot <i>Général-Paoli</i>	193
Note de M. Monnier sur la filtration des eaux	193

Séance mensuelle du 8 octobre 1874 :

Note de M. Denamiel sur les bassins de radoub.....	259
--	-----

	Pag.
Séance mensuelle du 12 novembre 1874 :	
Note de M. Thiéblemont sur l'acier phosphoreux.....	261
Note de M. A. Julien sur un nouveau marteau-pilon anglais.....	262

Assemblée générale du 10 décembre 1874 :	
Lecture des rapports du Trésorier et du Bureau.....	263
Note de M. Thiéblemont sur l'acier phosphoreux (suite).....	264
Nomination du Bureau pour 1875	265
Note de M. Lugand sur les chaudières à disque.....	365

ADMISSION DES MEMBRES.

Liste des membres de la Société au 31 mars 1874.....	5
Membres reçus pendant le 1 ^{er} trimestre 1874	60
» » » 2 ^e » »	132
» » » 3 ^e » »	196
» » » 4 ^e » »	273

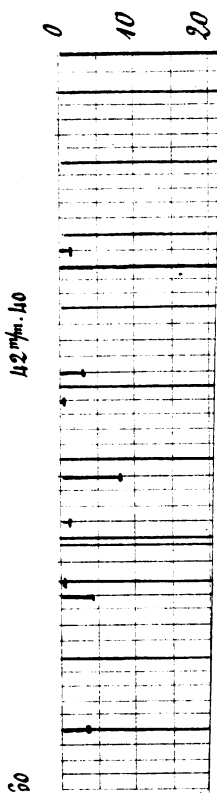
OUVRAGES REÇUS EN DON OU EN ÉCHANGE :

Ouvrages reçus pendant le 1 ^{er} trimestre 1874.....	58, 60
» » » 2 ^e » »	130, 132
» » » 3 ^e » »	194, 195
» » » 4 ^e » »	270, 272

FIN DE LA TABLE ANALYTIQUE.

ville. — 4^m

university.



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ
SCIENTIFIQUE INDUSTRIELLE
DE MARSEILLE

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ
SCIENTIFIQUE INDUSTRIELLE
DE
MARSEILLE

TOME TROISIÈME

(Année 1875)

MARSEILLE

TYP. BARLATIER-FEISSAT PÈRE & FILS
Rue Venture, 19.

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE & AGRICOLE
De EUGÈNE LACROIX
54, rue des Saints-Pères.

•

CATALOGUE

DES

OUVRAGES DE LA BIBLIOTHÈQUE

Sciences — Mathématiques.

- BOBILLIER. Principes d'algèbre.
LEFÉBURE. Traité de géométrie descriptive.
LIVET. Gnomonique ou art de tracer les cadrans solaires.
CALLET. Tables portatives de logarithmes, contenant les logarithmes depuis 1 jusqu'à 108000 etc., etc.
LALANNE. Instruction sur la manière de se servir de la règle à calcul.
MOUZIN. Instruction sur la manière de se servir de la règle à calcul.
CLAUDEL. Formules, tables et renseignements pratiques (aide-mémoire).
RICHARD. Aide-mémoire général et alphabétique des ingénieurs.
LACROIX. Carnet de l'ingénieur.
SCHMITZ et JULIEN. Manuel de l'ingénieur civil.
GÉNIEYS. Recueil de tables à l'usage des ingénieurs.
PÉLOUZE. Secrets modernes des arts-et-métiers,
PERPIGNA. Manuel des inventeurs et des brevetés.
LABOULAYE. Dictionnaire des arts et manufactures et de l'agriculture.
JOURNAUX. Comptes-Rendus de l'Académie des sciences (depuis 1872).
Dinglér's polytechnisches journal (depuis 1872).
Moigno (l'abbé). Les Mondes. Revue des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie (depuis 1872).

Chimie — Physique — Agriculture.

- WURTZ. Dictionnaire de chimie pure et appliquée.
PELOUZE et FRÉMY. Traité de chimie générale (les 3 premiers volumes).
KNAPP. Traité de chimie technologique et appliquée.

BOUIS.	Traité de chimie analytique.
LEBLANC.	Traité de chimie analytique.
SALVÉTAT.	Leçons de céramique ou technologie céramique.
SALVÉTAT.	Cours de technologie céramique.
D'HURCOURT, R.	De l'éclairage au gaz.
JOUBERT.	Sur la phosphorescence du phosphore.— Proportions données par la Faculté des sciences de Paris.
JOURNAUX.	Bulletins de la Société chimique de Paris (depuis 1872).
»	Annales de chimie et de physique (depuis 1873).
»	Quesneville. Moniteur scientifique, journal des sciences pures et appliquées (depuis 1872).
»	The chemical news and journal of physical sciences (années 1873-1874)
GANOT.	Traité de physique et de météorologie.
DE LA RIVE.	Traité d'électricité théorique et appliquée (4 volume).
WALKER.	Traité de galvanoplastie.
TERNANT.	Manuel pratique de télégraphie sous-marine (Français et Italien).
LATIMER CLARK.	Trattato elementare delle misurazioni electriche and uso degli spertori ed impiegati telegrafici.
ROSENBUSCH EDWARD.	Simultaneous transmission of telegrams in opposite direction upon the same telegraphic wire.
BREQUET et DE SÈRE.	La télégraphie électrique, son avenir. Instruction sur les paratonnerres.
CANTONI.	Relazione sulla industria del lino.
JOURNAUX.	D'almeida.— Journal de physique théorique et appliquée (depuis 1872). Apperman.— Nouvelles annales d'agriculture (de 1856 à 1863). Barral. — Journal d'agriculture théorique et pratique (depuis 1872). Bulletins de la société d'agriculture de Marseille (depuis 1873). Bulletins de la société d'Horticulture de Marseille (depuis 1873).

Architecture — Ponts-et-chaussées — Constructions.

ENDRÈS.	Manuel du conducteur des Ponts-et-chaussées.
SERGEANT.	Traité pratique et complet de mesurage.
DALY, C.	L'Architecture privée au XIX ^e siècle.
DENFER.	Album du serrurier.
CORDIER.	Equilibre des charpentes (bois et fonte).
JOLY.	Construction des planchers en fer.

PERNOT.	Guide pratique du constructeur. Série de prix de la ville de Paris. Série de prix de la chambre syndicale de Lyon.
RICHAUD.	Travaux de bâtiments. Traité des entreprises particulières.
PASCAL.	Clarification des eaux de la Durance.
PASCALIS.	Le bassin de Réaltor, son envasement prochain.
SÉBILLOTTE.	Les bassins de Radoub de Marseille.
SURELL.	Étude sur les torrents des Hautes-Alpes.
MALÉZIEUX.	Rapport sur les travaux public aux États-Unis d'Amérique en 1870.
JACQMIN.	Les chemins de fer pendant la guerre de 1870-1871.
DE LESSEPS.	Percement de l'isthme de Suez. — Exposé et documents officiels.
COLLET-MEYGRET et DESPLACES.	Rapport sur le viaduc en fonte construit sur le Rhône entre Tarascon et Beaucaire pour le passage du chemin de fer.
LEBAS.	L'obélisque de Luxor. — Sa translation à Paris.
JOURNAUX.	Daly, C. Revue générale d'architecture et des travaux publics (depuis 1873).
»	Encyclopédie d'architecture (depuis 1872).
»	Gazette des architectes et du bâtiment (depuis 1872).
»	Bulletins de la société centrale des architectes de Paris (depuis 1873).
»	Opperman. — Nouvelles annales de la construction (depuis 1873).
»	Annales des ponts-et-chaussées (depuis 1873).

Mécanique théorique et appliquée.

ARMENGAUD J ^{re}	Guide de mécanique pratique.
DELAUNAY.	Cours élémentaire de mécanique pratique et appliquée.
CALLON.	Cours de construction de machines.
FLACHAT.	Traité élémentaire de mécanique industrielle.
MORIN.	Leçons de mécanique pratique.
MORIN.	Aide-mémoire de mécanique pratique à l'usage des sous-officiers d'artillerie et des ingénieurs.
PONCELET.	Introduction à la mécanique physique, industrielle ou expérimentale.
PHILIPPS.	Cours de mécanique appliquée.
TAFFE.	Application de la mécanique aux machines mues par l'eau, la vapeur, le vent et les animaux.
TRESCA.	Cours de mécanique appliquée.

- BATAILLE et JULLIEN. Traité de machines à vapeur.
- LELOUTRE. Recherches expérimentales et analytiques sur les machines à vapeur.
- BÈDE. De l'économie du combustible, ou moyens usités et proposés pour employer la vapeur.
- FLACHAT et PETIET. Guide du mécanicien conducteur de machines locomotives.
- JULLIEN. Construction de machines locomotives.
- ZEUNER. Traité des distributions par tiroirs dans les machines à vapeur fixes et les locomotives.
- MOUTIER. Éléments de thermodynamique.
- DE MASTAING. Cours de mécanique appliquée à la résistance des matériaux.
- MORIN. Leçons de mécanique pratique, résistance des matériaux.
- CONTAMIN. Cours de résistance appliquée.
- TREDGOD. Essai pratique sur la force du fer coulé et d'autres matériaux.
- DE SAINT-VENANT. Mémoire sur la résistance des solides.
- THOMAS, A. Du dynamomètre indicateur de Watt, et de la manière de s'en servir.
- VIOLLET. Notice sur l'exactitude et l'usage du frein dynamométrique pour la mesure de la puissance des usines.
- REULEAUX. Le constructeur, tables, formules, règles, calculs, tracés et renseignements pour la construction des organes des machines.
- MORIN. Hydraulique.
- BARRET, L. Note sur les appareils hydrauliques mus par l'eau sous pression.
- CHAUVRIER et GILLY. Destruction de la fumée.
- MADAMET. Rapport sur l'exposition de Vienne en 1873.
- ARMENGAUD Frères. Le génie industriel, revue des inventions françaises et étrangères (de 1851 à 1873).
- ARMENGAUD Aîné. Publication industrielle des machines, outils et appareils les plus perfectionnés et les plus récents (de 1856 à 1873).
- JOURNAUX. OPPERMAN. — Portefeuille économique des machines de l'outillage et du matériel (depuis 1856).
- » Minutes of proceedings, of the institution civil engineers with abstracts of the discussions (depuis 1871).
- » Engineering and illustrated weekly journal (depuis 1866).

JOURNAUX.	Scientific American (depuis 1872).
»	Revue industrielle (depuis 1873).
»	Annales industrielles (depuis 1873).
»	Annales du génie civil (depuis 1872).

Marine.

VIEL.	Cours de tracé et de calculs de déplacement des bâtiments de mer.
CAPONI.	Tracé à la salle des bâtiments de mer d'après devis.
CHAPMANN.	Traité sur la construction des vaisseaux.
D'ETROYAT.	De la carène des navires et de l'échelle de solidité.
»	Traité élémentaire d'architecture navale.
»	Embarcations des navires de guerre.
KRANTZ.	Éléments de la théorie du navire.
MAZAUDIER & LOMBARD.	Guide pratique d'architecture navale.
MAZAUDIER.	Guide pratique pour la construction des bateaux à vapeur.
LABROUSSE.	Des propulseurs sous-marins.
BOURGOIS.	Recherches théoriques et expérimentales sur les propulseurs hélicoïdes.
PARIS E.	Traité de l'hélice propulsive.
»	Utilisation économique des navires à vapeur.
»	Catéchisme du mécanicien à vapeur, ou traité des machines à vapeur.
DU TREMBLEY.	Manuel du conducteur des machines à vapeur combinées ou machines binaires.
VILLE, MEISSONNIER et MOUTET.	Rapport sur le premier voyage du navire combiné le <i>Du Trembley</i> .
MEISSONNIER.	Notice sur la machine à vapeur combinée du système Du Trembley du bateau <i>France</i> .
BONNEFOUX.	Dictionnaire de la marine à voile et à vapeur.
FARCOT.	Le servo-moteur ou moteur asservi — gouvernails à vapeur Farcot.
JOURNAUX.	Revue maritime et coloniale (depuis 1873).

Mines — Métallurgie — Géologie.

CALLON.	Cours d'exploitation des mines.
PONSON.	Traité d'exploitation des mines et houilles.
SERPIÉRI.	Aperçu général sur la question des scories du Laurium avec documents à l'appui.
ROUX.	Quelques observations et documents sur la question du Laurium.

- GUETTIER.** De la fonderie telle qu'elle existe aujourd'hui en France et ses nombreuses applications à l'industrie.
- MONTÉFIORI LEVI et KUNDEL.** Essai sur l'emploi de divers alliages et spécialement du bronze phosphoreux pour la coulée des bouches à feu.
- DELESSE & DELAPARENT.** Revue de géologie pour les années 1867-1868.
- DIEULAFAIT.** Etude sur la zone à avicula contorta et l'infra-lia dans le sud et le sud-ouest de la France.
- » Diamants et pierres précieuses.
- JOURNAUX.** The journal of the iron et steel institute (depuis 1873).
- » Revue Universelle des mines de Ch. de Cuyper (depuis 1874).
- » Bulletins de l'Union des charbonnages de Liège (depuis 1872).
- » Revista minera (depuis 1873).
- » La métallurgie (depuis 1873).

Géographie — Sciences économiques.

- BAINIER.** Cours de géographie commerciale de l'Ecole supérieure de commerce de Marseille.
- LEVASSEUR.** Atlas national des 86 départements et des possessions de la France.
- JOURNAUX.** Bulletins de la Société de géographie de Paris (depuis 1873).
- » Journal des Économistes (depuis 1873).
- » Moniteur des Intérêts-Matériels (depuis 1872).
- » L'Économiste Français (depuis 1875).

Variétés.

- AICARD.** Un million de faits ou aide-mémoire universel des sciences, lettres et arts.
- SCHUSTER & REYNIER.** Dictionnaire français-allemand.
- » » » allemand-français.
- SPIERS.** » français-anglais.
- » » anglais-français.
- ARMENGAUD FRÈRES et AMOUROUX.** Nouveau cours de dessin industriel appliqué principalement à la mécanique et à l'architecture.
- DANNE.** Manuel d'orthographe raisonnée.

FIGUIER.	L'année scientifique industrielle (depuis 1856).
GAUTHY.	Les substances alimentaires et de consommation comme produits de l'industrie.
RAMPAL, B.	Cours d'économie politique à l'usage des ouvriers et des artisans.
MIREUR.	La Syphilis et la prostitution dans leurs rapports avec l'hygiène, la morale et la loi.
TISSANDIER.	La Nature — Revue des sciences et leur applica- tion à l'industrie.
LEWAL.	Réforme de l'armée.
»	Études de guerre.
MALCOR.	L'armée homogène — Unification du corps d'offi- ciers.
»	L'armée d'hier et l'armée d'aujourd'hui.
	Aide-mémoire d'artillerie.
	Annuaire encyclopédique du XIX ^e siècle.
	Bulletins de la Société d'encouragement (année 1873).
JOURNAUX.	Revue des Deux-Mondes (depuis 1872).
»	Journal Officiel (depuis 1872).

Publications périodiques de Sociétés Françaises et Étrangères (Échanges).

Bulletins de l'Association scientifique de France (depuis 1873).	
» de la Société industrielle de Mulhouse (depuis 1873).	
» » » du Nord de la France (depuis 1873).	
» » » d'Amiens (depuis 1873).	
» » » de Saint-Quentin et de l'Aisne (depuis 1873).	
» » » de Reims (depuis 1873).	
» » » de Rouen (depuis 1873).	
» » » d'Elbeuf (depuis 1874).	
» » » et commerciale de Troyes (depuis 1872).	
» » des sciences industrielles de Lyon (depuis 1872).	
» » scientifique et littéraire d'Alais (depuis 1871).	
» » Vaudoise des sciences industrielles (depuis 1873).	
» » des sciences, lettres et arts du Hainaut (depuis 1874).	
» » des sciences, lettres et arts de l'Aveyron (depuis 1870).	
» » des sciences, lettres et arts de Lille (depuis 1873).	

Bulletins de la Société d'études scientifiques de Draguignan (depuis 1873).

» des anciens élèves des Écoles d'arts-et-métiers (depuis 1873).

» de la Société française de photographie (depuis 1873).

» du Musée de l'industrie de Belgique (depuis 1874).

» de l'Association des anciens Éléves de l'école centrale (depuis 1873).

» de la classe de l'industrie de la Société des arts de Genève (depuis 1873).

» du Cercle des mécaniciens de Marseille (depuis 1873).

Mémoires de la Société des ingénieurs civils de Paris (depuis 1873).

Comptes-Rendus de la situation commerciale et industrielle de la circonscription de Marseille (depuis 1864).

• des travaux de la Chambre de Commerce de Marseille (depuis 1866).



LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

au 31 Mars 1875.



MEMBRES DU BUREAU



Président honoraire :

M. PASCAL, Hilarion, O. ✱.

Président :

M. BIVER, P.-Ernest.

Vice-Présidents :

MM. ESTRANGIN, Alexis, ✱.

GOUIN, Edouard, ✱.

ROUX, Jules-Charles.

Secrétaires :

MM. STAPPER, Daniel.

ROUFFIO, Félix.

GUISAN, Edouard.

Trésorier :

M. BUBATON, Georges.

Bibliothécaires :

MM. JULIEN, Alfred.

SERMENT, Frédéric.

Commissaires :

MM. ALLAR, Gaudensi.

LAUGIER, Eugène.

LOMBARD, Emile.

PÉTIN, Jules.

SECTION D'ARCHITECTURE.*Président :*

M. CAHIER, Léon.

Vice-Présidents :

MM. LETZ, Joseph.

TURCAT, Théophile.

Secrétaires :

MM. BOUSQUET, Edmond.

MIRANDE, Félix.

REYNOARD, Achille.

SECTION DE CHIMIE.*Président :*

M. BOUQUET, Ferdinand.

Vice-Président :

M. JULIEN, Alfred.

Secrétaires :

MM. LAUGIER, Eugène.

LOMBARD, Emile.

SECTION DE MÉCANIQUE.*Président :*

M. GOUIN, Edouard, *.

Vice-Président :

M. BARRET, Louis.

Secrétaire :

M. SICARD, Emile.

MEMBRES FONDATEURS

MM.

- ACHARD, Solon, Ingénieur, Gérant de la Compagnie des ciments de la Valentine, rue de Rome, 137.
- AGLOT, Agent général de la Compagnie du chemin de fer des Bouches-du-Rhône, rue Longue-des-Capucins, 35.
- ALLAR, Gaudensi, Architecte, rue Molière, 5.
- ALLIÈS, Hippolyte, Notaire, rue Paradis, 50.
- ANDIOL, H., Rentier, rue Nicolas, 18.
- ARNAUD, E., Fabricant de tuiles, à Saint-Henri (banlieue).
- ARNAVON, H., *, Négoc., Fab. de savons, rue Fort-Notre-Dame, 10-12.
- ASQUIER, F., Fondeur de cuivre, rue Breteuil, 62.
- AUBERT, C., *, Ingénieur, Fabricant de glucose, cours Gouffé, 97.
- BACKER (de), H., Ingénieur de tramways, rue de l'Arsenal, 52.
- BARBAN, A., Représentant des Compagnies et Forges de Terre-Noire, la Voulte, Bessèges, etc., rue Breteuil, 10.
- BARGMANN, L., Avocat, hôtel des Docks.
- BARLATIER, E., Imprimeur, rue Venture, 19.
- BARTHELET, E., négociant, rue de Rome, 16.
- BARRET, L., Ingénieur de la Compagnie des Docks, hôtel des Docks.
- BASTOUIL, Constructeur de charpentes, grande rue Marengo, 71.
- BAUDOUIN, L., Négociant, Directeur des raffineries de Saint-Louis, rue de la République, 3.
- BAUX, A., Négociant en soies, rue Vacon, 50.
- BAUX, E., Fabricant de briques réfractaires, rue de Village, 8.
- BÉRENGIER, L., Architecte, rue Saint-Savournin, 20.
- BERNABO, F., Négociant, Fabricant d'huile, allées du Prado, 97.
- BIDOIS, C., Ingénieur civil, rue Saint-Ferréol, 75.
- BIVER, E. Administrateur-directeur des Charbonnages des Bouches-du-Rhône, rue de la Darse, 10 A.
- BOULOUVARD, J., Architecte, à la Capelette (banlieue).
- BOUQUET, F., Ingénieur-chimiste, rue Venture, 8.
- BOUSQUET, A., Architecte du chemin de fer, rue Sénac, 25.
- BOUSQUET, J., Architecte, rue Sénac, 25.
- BOUSQUET, E., Architecte, rue Sénac, 25.

MM.

- BUBATON, G., Négociant-armateur, rue des Princes, 2.
CADIAT, Ingénieur de la Maison Peyruc, à Toulon (Var).
CAHIER, L., Architecte, rue de la République, 26.
CAYOL, H., Photographe, rue Saint-Ferréol, 50.
CAYOL, M., Photographe, rue Saint-Ferréol, 50.
CHALMETON, H., Agent commercial des mines de Bessèges, rue
Moustiers, 2.
CHEVRET, M., plombier, allées de Meilhan, 80.
CKIANDI, A., Ingénieur-chimiste, rue des Templiers, 23.
CLAUZEL, M., Ingénieur civil, rue Paradis, 283.
COMMERSON, Directeur des raffineries de la Méditerranée, boulevard
National, 200.
COSTA, J., Directeur d'assurances, rue Paradis, 59.
CRAVIO, V., Entrepreneur de travaux publics, rue Curiol, 55.
CROUZET, V., Chirurgien dentiste, rue Saint-Ferréol, 17.
DARIER, E., Négociant, fabricant d'huile, rue des Arcades, 2.
DELEVEAU, G., Fabricant d'huile, rue d'Alger, 60.
DÉMÉNIEUX, AL., Architecte, rue d'Alger, 7.
DESGRANCHAMP, T., Chef de dépôt à la gare de Marseille, boulevard
Tricon, 26 (maison Talabot).
DOBLER, E., négociant en soies, rue Breteuil, 20.
DUBOST, A., Ingénieur-mécanicien, rue Falque, 49.
DUFOUR, E., Ingénieur civil, cours Lieutaud, 439.
DUPUY, Ingénieur, directeur de la Compagnie Immobilière, rue de la
République, 42.
DUSSARD, A., Ingénieur civil, rue de la République, 34.
ESTRANGIN, A., *, Directeur du Crédit Agricole, rue Grignan, 43.
ESTRANGIN, H., Négociant, place Paradis, 7.
FRAISSINET, L., Armateur, place de la Bourse, 6.
FRÉVILLE, Ingénieur de la Compagnie Valéry, à la Joliette.
FUNEL, J., Constructeur-mécanicien, boulevard National, 243.
GABELLE, A., Ingénieur, Constructeur de charpentes en fer, rue Ville-
neuve, 46.
GALINIER, F., Négociant-marbrier, rue Dragon, 97.
GAUTIER, A., Agent de change, rue du Jeune-Anacharsis, 42.

MM.

- GAVOT, F.-T., Notaire, boulevard Longchamp, 75.
GIBBAL, J.-B., Ingénieur civil, boulevard Notre-Dame, 54.
GIRAUD, Négociant (de la Maison Giraud), rue Sainte, 42 B.
GLEIZE, G., Ingénieur, Directeur du Canal et de la Voirie vicinale, rue de Village, 7.
GUÉRARD, A., *, Ingénieur des Ponts-et-Chaussées, rue de la République, 80.
GOUIN, E., *, Ingénieur, Directeur de la Société des Transports Maritimes, rue de l'Arsenal, 23.
GUISAN, E., Ingénieur de la Société générale des pétroles, route d'Aix, aux Crottes.
GUILBAULT, Jules, Ingénieur civil, rue de la Darse, 9.
GUITTON, E., Ingénieur de la Compagnie du Gaz méridional, cours Lieutaud, 86.
GUITTON, M., Essayeur du Commerce, rue Sainte, 25.
HAUTHUILLE (d'), E., Ingénieur de la Compagnie des Forges et Chantiers de la Méditerranée, rue Grignan, 2.
JEAN, Ch., Fabricant verrier à la Destrousse, rue Estelle, 35.
JAUFFRET, A., jeune, Architecte, rue des Héros, 40.
JULIEN, A., Nég., Fabricant de produits chimiques, rue des Princes, 2.
JULLIEN, A., Négociant-tanneur, boulevard de la Magdeleine, 2.
JULLIEN, E., Négociant-tanneur, boulevard de la Magdeleine, 2.
LABARRE, L., Constructeur-mécanicien, boulevard National, 365.
LAGANE, A., Ingén. en chef des chantiers de la Seyne, à la Seyne (Var).
LAGRAFEL, A., Ingénieur de la Compagnie Fraissinet, rue de l'Évêché, 115.
LATTÈS, Ingénieur-chimiste des raffineries de Saint-Louis, rue de la République, 3.
LAUGIER, E., Ingénieur-chimiste, rue Thubaneau, 42.
LEENHARD, A., Directeur de la Compagnie générale des Pétroles, rue Estelle, 36.
LE MÉE, L., Ingénieur, fabricant de savon, cours Pierre-Puget, 17.
LEROY, F., Ingénieur de la Société Générale des Transports Maritimes, rue des Templiers, 3.
LETZ, J., Architecte en chef du Département, place de la Rotonde, 8.
LIEUTIER, L., Chimiste, rue du Coq, 31.

MM.

LOMBARD, E., Ingénieur-chimiste, rue Venture, 8.

LONG, M., Négociant, boulevard de la Magdeleine, 64.

LUGAND, P.-P., Ingénieur, Constructeur d'appareils en cuivre, rue Sainte, 31.

MARTEL, H., Agent des Mines de Tréllys, rue Pavillon, 3.

MARTIN, F., Architecte, rue Reynard, 20.

MÉNARD, F. (de le Jeune Ménard), constructeur-mécanicien, cours Lieutaud, 441.

MEYNIER, H.-A., Chimiste, à Saint-Barnabé (banlieue).

MICHEL, D., Ingénieur, Directeur de la Compagnie des ciments de la Méditerranée, rue Consolat, 3.

MIRANDE, F., Architecte, rue Barthélemy, 3.

MOUREN, A., ✱, Architecte diocésain et de la Ville, boul. Philippon, 4.

NAEGELI neveu, Négociant en coton, cours Pierre-Puget, 44.

NÉRI, H., Ingénieur civil, rue Estelle, 34.

NICOLAS, J., Ex-capitaine du génie, rue Sylvabelle, 73.

ODDO aîné, Chirurgien-Dentiste, rue Saint-Ferréol, 38.

OLIVIER, A., Ingénieur civil, rue Paradis, 54.

OLIVIER, R., Ingénieur civil, rue Paradis, 54.

PAQUET, N., Négociant-Armateur, place Centrale, 4.

PARET, L., Sous-Directeur des Raffineries de Saint-Louis, rue de la République, 45.

PASCAL, H., ✱, Inspecteur Général des Ponts-et-Chaussées, boulev. de Rome, 46.

PASTORELLY, J.-A., Négociant, rue Puget, 44 A.

PÉTIN, J., Fils, Ingénieur civil des Mines, boulevard Dugommier, 1.

DE RETZ (de Serviez), Ingénieur en chef des Hauts-Fourneaux de Saint-Louis, à Saint-Louis (banlieue).

RENARD, C., Fabricant de soude, rue Armény, 1.

REYNÈS, P., Docteur ès-sciences, Conservateur du Muséum, rue de l'Union, 49.

REYNOARD, A., Ingénieur-Architecte, rue Reynard, 8.

RICHAUD, J., Architecte, rue Estelle, 22.

ROSSAT, A., Ingénieur civil, boulevard de la Liberté, 36.

ROUFFIO, F., Ingénieur, Directeur de la Compagnie d'assurances la Préserveuse, rue Sylvabelle, 416.

MM.

- ROULET, V., Négociant, fabricant d'huile et de savon, cours Pierre-Puget, 64.
- ROUSSELLIER, J., Ingénieur civil, rue Grignan, 2.
- ROUSTAN, L., Ingénieur-Chimiste, rue des Feuillants, 6.
- ROUX, A., Ingén., Directeur de la voirie municipale, cours Lieutaud, 4.
- ROUX, H., Banquier, Directeur de la Société Métallurgique, rue Montgrand, 56 A.
- ROUX, J.-C., Négociant, fabricant de savon, rue Sainte, 79.
- DE RUELLE, P., Docteur en médecine, place de la Joliette, 5.
- DE SAINT-FOIX, R., *, Agent général de la Compagnie générale des allumettes chimiques, rue Saint-Ferréol, 59.
- SAINT-JOANNIS, Constructeur d'appareils en cuivre, rue Sainte, 31.
- SANTI, A., Opticien, rue Saint-Ferréol, 6.
- SANTI, G., fils, Opticien, rue Saint-Ferréol, 6.
- SAIGE, *, Ingénieur des Ponts-et-Chaussées, place Centrale, 4.
- SAVOURNIN, A., Négociant, rue de la République, 34.
- SERMENT, F., Ingénieur de la Compagnie du Gaz, rue de la Darse, 9.
- SEREN, M.-F.-L., *, Courtier de commerce, rue Nicolas, 6.
- SÉVOZ, Victor, Ingénieur civil, cours Lieutaud, 443.
- SICARD, E., Ingénieur des Forges et Chantiers de la Méditerranée, rue d'Arcole, 4.
- STAPPER, D., Ingénieur-Mécanicien, boulevard Notre-Dame, 5.
- TALON, E., *, Ingénieur, Directeur de la Compagnie des Messageries Maritimes, rue d'Arcole, 7.
- TARDIEU, E., Ingénieur civil, Marché des Capucins, 7.
- TASSY, C., *, Ingénieur en chef de la Compagnie du chemin de fer de Paris à la Méditerranée, rue du Théâtre-Français, 4.
- TERNANT, A.-L., Ingénieur, Directeur du Télégraphe oriental, boulev. Longchamp, 82.
- THIBAUDET, E., Ingénieur de l'Usine à gaz d'Arenc, boulevard du Gaz.
- THIÉBLEMONT, O., Sous-Ingénieur des Hauts-Fourneaux de Saint-Louis, à Saint-Louis (banlieue).
- THOMAS-PAYEN, E., Ingénieur-chimiste, allées du Prado, 411.
- TURCAT, T., Architecte, rue Suffren, 6.
- VELTEN, A., neveu, Négociant-brasseur, rue de la Joliette, 26.
- VERDIER, L., Architecte, rue Paradis, 64.

MM.

VÉSIGNIÉ, O., ✱, Ingénieur en chef des ateliers des Messageries Maritimes à la Ciotat.

VILLARD, E., Ingénieur civil des mines, rue de la Palud, 85.

VILLOT, E., ✱, Ingénieur des mines, rue des Tonneliers, 5.

MEMBRES ASSOCIÉS**MM.**

BIVER, H., ✱, Directeur général des Manufactures de glaces de la Société de Saint-Gobain, rue du Cherche-Midi, 21 (Paris).

BOUISSON, A., Directeur des Mines et Usines de Manosque (Basses-Alpes).

CHABAUD, L., Directeur des Mines Ouest de Graissessac à Saint-Gervais (Hérault).

DE CHALONGES, Ingénieur-adjoint des Messageries Maritimes, à La Ciotat (Bouches-du-Rhône.)

CHALMETON, F., Ingénieur, rue Jeanne-d'Arc, 17, à Nîmes (Gard).

CHAMBAUD, Directeur de la raffinerie de Bourdon, à Aulnat (Puy-de-Dôme).

DÉROS, Ingénieur-chimiste, à Grigny (Rhône).

DENAMIEL, E., Ingénieur des Ponts-et-Chaussées, à Perpignan (Pyrénées Orientales).

DUBUISSON, E., Ingénieur civil.

FANJOUX, Secrétaire-général de la Société Nouvelle des Forges et Chantiers de la Méditerranée; Siège à Paris, rue Notre-Dames-des-Victoires, 28.

GAZAGNE, M., Ingénieur, à Bari delle puglie (Italie).

GUILLEMIN, Ingénieur-adjoint des Messageries Maritimes, à La Ciotat (Bouches-du-Rhône).

JÉRAMEC, Directeur de la Société des Eaux d'Orezza, rue Saint-Honoré, 175 (Paris).

LOBIN, Mécanicien à Aix (Bouches-du-Rhône).

MARTEL, H., Ingénieur à Vernazra di Levante presso lestri Levante (Italie).

MESDACH DE TERKIÈLE, Ingénieur, rue Saint-Paul, 28 (Paris).

DE MONT-RICHER, H., Inspecteur du chemin de fer P.-L.-M., à Saint-Étienne.

MM.

- MONNIER, Ingénieur civil (Maison Meynier), à Saint-Barnabé (Bouches-du-Rhône).
- MONTÉFIORI, L., Ingénieur civil, place de l'Industrie, 34, à Bruxelles (Belgique).
- MONTEFIORI, A.-N., Ingénieur civil, rue de la Victoire, 59 (Paris).
- PAUL, A., Directeur de l'Eastern télégraph C^o, à Bone (Algérie).
- PÉLOUZE, E., *, Administrateur de la Compagnie Parisienne du gaz, rue Saint-Lazare, 55 (Paris).
- PERNOLET, Ingénieur civil, rue de Compiègne, 2 (Paris).
- REVOL, E., Administrateur de la Compagnie des fonderies et forges de Saint-Etienne, à Saint-Etienne (Loire).
- REVOLLIÉ, Constructeur-mécanicien, à Saint-Etienne (Loire).
- ROSTAND, J., Ingénieur civil, à Paris.
- ROSEBUSCH, E., General superintendent et Engineer Méditerranéen extension telegraph C^o limited, à Malte.
- ROZAN, L., Affineur de plomb, cours Pierre-Puget, 95.
- SÉVOZ, D., Ingénieur aux Forges de Lods (Doubs).
- SIMON, Victor, Mécanicien à Aix (Bouches-du-Rhône).
- THIOLLIÉ, Ingénieur, à Saint-Nazaire (Var).
- THOMASSO-PICCO, Inspecteur des télégraphes italiens, à Gênes (Italie).
- TROUMP, E., Architecte, à Athènes (Grèce).

MEMBRES CORRESPONDANTS

MM.

- CANTONI, G., Commandeur-Directeur de l'Ecole supérieure d'Agriculture, cours Saint-Celso, à Milan (Italie).
- DONY, Ingénieur-chimiste, Directeur de la Société de Produits Chimiques Agricoles, à Bordeaux. (Gironde.)
- FLOURNOIS, Professeur de la classe d'Industrie à la Société des Arts, à Genève (Suisse).
- JORDAN, *, Ingénieur, Professeur à l'Ecole Centrale, rue de Bruxelles, 45, Paris.
- JOUBERT, J., Professeur de physique au Lycée de Montpellier (Hérault).
- LACONNE, chef du bureau d'Études, des télégraphes ottomans, à Constantinople. (Turquie.)

MM.

MARMESSE, Ingénieur aux Forges et Chantiers, ateliers du Havre
(Seine-Inférieure).

THOMAS, A., Ingénieur civil, à Lille (Nord).

VIOLLE, professeur de physique, à la Faculté de Grenoble (Isère).

FACULTÉ DES SCIENCES

MM.

AOUST (l'Abbé), ✱, Professeur de Mathématiques, rue de l'Union, 19.

CROULLEBOIS, » de Physique, rue Barbaroux, 32.

DERBÈS, » de Botanique, rue Reinard, 35.

DIEULAFAIT, » de Géologie, boulevard Longchamp, 61.

FAVRE, ✱, » de Chimie, Allées de Meilhan, 39.

MARION, » de Zoologie, rue de la Rotonde, 30.

MORIN, » de Mécanique, chemin des Chartreux, 83.



NOTE

SUR LES MACHINES DE TRACTION A VAPEUR

SUR LES ROUTES ORDINAIRES

Par M. de RETZ

Ingénieur en chef des Hauts-Fourneaux de Saint-Louis.

Lorsque j'ai commencé ce travail sur les locomotives routières, qui est le résumé de recherches faites dans les publications anglaises et françaises de ces dernières années, j'ignorais qu'un travail semblable avait été présenté à la Société des Ingénieurs civils d'Angleterre. Si je n'ai pas renoncé à vous soumettre le résultat de mes recherches, c'est que je puis y ajouter le fruit de mes expériences sur les deux machines routières d'Aveling et Porter que nous avons dans notre Usine des Hauts-Fourneaux de Saint-Louis, depuis le mois d'avril 1872.

L'histoire des locomotives routières peut se diviser en trois périodes principales :

§ I. — Essais qui, dès l'invention de la machine à vapeur, furent faits pour l'application de cette force nouvelle à la propulsion sur les routes ordinaires ; période de tâtonnement et de tentatives presque infructueuses.

§ II. — Période de perfectionnement parallèle au premier essor des chemins de fer, et inspirée par les mêmes besoins de transport rapide et économique. Pendant cette période, on s'applique surtout à transporter des voyageurs.

§ III. — Progrès nouveaux de la mécanique appliqués aux locomotives routières employées aux usages agricoles et aux transports industriels.

§ I. — L'ingénieur français Cugnot construisit vers 1769 une charrette à vapeur, qui devait faire 1800 toises à l'heure, et qui échoua par suite de la constructions primitive de la machine. Quelques essais furent faits ensuite en Angleterre mais sans succès.

Ce n'est qu'en 1801 que les progrès réalisés par la construction des machines, et l'usage de la haute pression dû à l'américain Olivier Evans, permirent à Trevithick et Vivian, ingénieurs anglais, de faire marcher sur les routes ordinaires une machine très compacte, mue par la vapeur. Les difficultés de l'entreprise la leur firent abandonner. Désireux, néanmoins, de ne pas perdre tout le fruit de leurs travaux, ils songèrent à établir ce moteur sur les chemins à rails depuis longtemps en usage dans les mines et exploitations industrielles de l'Angleterre, sans toutefois attacher une grande importance à ces essais, qui devaient être pourtant le point de départ de la révolution actuellement si complète dans les moyens de transport. La question des transports à vapeur sur les routes ordinaires fut abandonnée pour un temps.

Il est bon, toutefois, de rappeler qu'en France et bien avant 1816 Joseph Montgolfier imagina une machine à vapeur à l'aide de laquelle il conduisait sa famille en promenade.

§ II. — En 1821 et 1822, Griffith et Arzberger firent construire dans les ateliers de Bramah, à Londres, une machine composée d'un premier chariot porté sur deux roues, recevant un générateur qui fournissait de la vapeur à deux cylindres verticaux actionnant les roues motrices au moyen d'un mécanisme très compliqué. Ce chariot était rattaché à un avant-train monté sur deux roues, avec mouvement de direction et portant le réservoir à eau.

En 1825, James (Williams-Henry) prit un brevet en France pour une diligence à vapeur à 4 roues motrices. A la même époque, MM. Burstal et Hill, mécaniciens, à Leith (Écosse), construisirent une voiture à vapeur dans laquelle le fluide élastique était produit en projetant de l'eau sur des plaques métalliques chaudes.

En 1828, M. Pecqueur, célèbre mécanicien français, construisit un chariot à vapeur porté sur quatre roues, et pourvu à l'avant d'un générateur tubes. Un peu en arrière, était le moteur, machine rotative, transmettant, au moyen d'une chaîne, le mouvement à l'essieu des roues motrices. Cet essieu était composé de deux parties s'enfourchant, et munies chacune d'une roue d'angle ; ces deux roues égales et en regard l'une de l'autre étaient en prise simultanément avec un pignon encastré dans la poulie, montée folle sur l'une des

deux parties de l'essieu, et qui recevait la chaîne. Telle fut l'origine du mécanisme différentiel qui est si généralement appliqué dans les locomotives routières (1).

De 1827 à 1829, plusieurs services s'établirent en Angleterre pour le transport de voyageurs, par la vapeur, sur les routes ordinaires. La première machine, qui put concourir avec un coche, fut construite par M. Gurney, de Londres, puis parurent celles de M. Hancock, de Stratford, qui réussirent mieux, et celles de Scott Russel.

Ces tentatives furent suivies sérieusement par un Comité de la Chambre des Communes, qui conclut très favorablement pour les transports par la vapeur sur les routes ordinaires ; mais, le rapport constatait aussi l'opposition des employés du service des routes et le peu de faveur du public. Ces deux causes, jointes à l'imperfection encore très grande des machines, découragèrent les ingénieurs et les industriels, et les locomotives routières furent encore une fois abandonnées en Angleterre. Il faut avouer que les appareils de Gurney, Hancock, Scott Russel, etc., étaient loin de pouvoir surmonter les difficultés que présente l'application de la vapeur aux transports sur les routes ordinaires.

Pendant que l'on faisait ces essais en Angleterre, on s'occupait aussi en France de la même question. De 1833 à 1837, Galy-Gazalat fit construire une voiture à vapeur à 4 roues ; les roues motrices étaient fixées à un essieu à villebrequin qui recevait directement l'action des deux cylindres horizontaux. Le générateur tubulaire était étudié au point de vue de l'emploi de divers liquides vaporisables entre autres de l'éther sulfurique. La machine était munie d'un condenseur où l'eau de condensation, toujours la même, était rafraîchie par un courant d'air produit par un ventilateur. Cet inventeur, pour faire tourner l'avant-train, rattachait, au moyen de deux cordes, son essieu à la tige d'un petit piston jouant dans un cylindre transversal où la vapeur, en arrivant à droite ou à gauche, exerçait une traction sur l'une ou sur l'autre des extrémités de l'essieu.

Enfin, en 1840, Dietz (Charles) imagina une machine dite remorqueur dont le châssis, chargé d'un générateur de locomotive, était supporté par un essieu moteur placé près de la boîte à feu et par trois paires de roues porteuses, sans essieu, mais retenues chacune dans une chappe dont la tige, au moyen de tringles, était en relation avec le mécanisme de direction situé en avant. De la sorte, ce véhicule pouvait tourner dans un cercle de trois mètres de rayon

(1) Voir figure 1.

intérieur. Le mouvement fourni par les cylindres à l'arbre coudé était transmis à l'essieu moteur par une chaîne de Galle.

§ III. — Tant que l'on ne s'est occupé que du transport des voyageurs, portés par la machine elle-même, et dont le poids venait augmenter celui de la charge sur les roues motrices, on n'a pas reconnu la nécessité d'apporter de grandes modifications à la jante de ces roues. Mais bientôt l'augmentation croissante du prix des chevaux et de la main-d'œuvre poussa les inventeurs à étudier à un autre point de vue les locomotives routières qui, devant remorquer des chariots, furent surtout appliquées aux transports de lourds fardeaux pour l'industrie et l'agriculture. On dut alors étudier les moyens d'accroître l'adhérence de la machine sur le sol.

A ce propos, il est curieux d'observer que, ce qui dans le principe, constitua l'obstacle devant lequel la science des chemins de fer resta longtemps stationnaire, c'est cela même qui a été cause des progrès rapides qu'ont fait dans ces dernières années les transports à vapeur sur routes ordinaires.

En effet, Trevithick et Vivian recommandaient dans leur brevet de garnir de quelques aspérités ou rainures transversales la jante des roues de la locomotive afin de provoquer plus de frottement et de remédier ainsi au glissement de la roue sur la surface polie du rail. Tous les ingénieurs admettaient à cette époque, sans aucune expérience préalable, que la principale difficulté qui devait s'opposer à l'emploi, sur les chemins à bandes de fer, des locomotives à roues lisses, consistait dans le défaut d'adhésion des roues sur les rails. On pensait que l'action de la vapeur aurait seulement pour effet de faire tourner les roues sur place sans entraîner leur progression. Aussi employa-t-on des roues à crampons et des crémaillères parallèles aux rails, devançant ainsi la création de M. Riggenbach et son chemin de fer du Rigi. C'est seulement en 1813 que M. Blackett, mieux avisé que ses confrères, détermina par expérience le degré d'adhérence des roues d'une locomotive sur la surface des rails unis ; et il reconnut que le poids de la locomotive suffit pour produire cette adhésion, s'opposer à la rotation des roues sur place et provoquer ainsi la marche des plus lourds convois (1).

Pour les machines de traction, il y a deux moyens d'augmenter l'adhérence :

(1) Les roues de la locomotive peuvent mordre suffisamment sur les aspérités des rails pour y prendre un point d'appui.

1° On peut avec des roues lisses accroître le poids de la machine et augmenter la largeur des jantes, mais ce moyen est peu pratique, il conduit à des machines très lourdes et bien que la loi autorise une charge de 8 tonnes sur chaque essieu de la locomotive, il vaut mieux se tenir un peu en deçà de cette limite. En ne le faisant pas, on s'exposerait à être poursuivi pour dégâts à la chaussée. Il faut, en outre, brûler une forte proportion de combustible pour le transport de cet excédant de poids mort ;

2° La modification des roues est plus pratique, bien que la mise de fonds soit tout d'abord plus élevée. Plusieurs systèmes de roues ont été essayés jusqu'ici et se distinguent en :

Roues Elastiques dont les jantes rigides peuvent remplir l'office de ressorts, sans pour cela que leur circonférence dévie nécessairement d'une forme circulaire (Adam, Mackinder).

Roues Flexibles dont la surface foulante souffre un changement matériel de forme, en roulant, après avoir agi comme un ressort (Thomson, Bremme).

Roues Rigides qui ne cèdent pas aux inégalités de la route et transmettent au mécanisme des vibrations et des cahots nuisibles.

Nous examinerons ces différentes roues en même temps que les machines auxquelles elles ont été appliquées.

Les locomotives routières pour la traction de lourds fardeaux ne furent guère employées en Angleterre avant 1856, et en France avant 1864. Celles de *Boydell*, construites par Charles *Burrell*, de Telford, parurent les premières. Elles se composaient d'une chaudière de locomotive sur laquelle étaient fixés horizontalement les deux cylindres moteurs de 0,15 de diamètre et 0,30 de course. Ils actionnaient un arbre coudé, intermédiaire, portant un pignon qui engrenait dans le rapport de $\frac{4}{12}$, avec une roue dentée, assujettie au bord du tambour des roues motrices. Les deux roues d'avant-train étaient dirigées par un conducteur au moyen d'un renvoi avec engrenages d'angles. Les roues motrices, placées sur l'arrière de la machine, portèrent longtemps le nom de *Railway sans fin*, de *Boydell*, et étaient appliquées depuis 1846 à de simples chariots agricoles et aux voitures d'artillerie pour éviter qu'elles ne vinsent à s'embourber.

Elles consistaient en larges plateaux en fer et bois de 0,55 environ de largeur, articulés et portés par la jante, qui, courant en avant de celle-ci, venaient successivement se présenter à elle. Les résultats furent très satisfaisants pour l'adhérence et cette roue prouva qu'une large surface d'appui tend à augmenter l'efficacité de la traction.

Malheureusement, les chocs continus des sabots produisaient des trépidations très préjudiciables à la durée du mécanisme. Cette machine mit huit jours à parcourir la distance de Tetford à Londres en remorquant un train de 30 tonnes et fut loin de répondre, comme vitesse et prix de traction, à l'attente des constructeurs.

Vers 1856, MM. ALEXANDER CHAPLIN ET C^e (de Glasgow), firent un certain nombre de machines avec chaudière verticale et cylindres horizontaux et à deux vitesses auxquelles furent appliquées les roues à couteaux de BRAY. Ces roues consistaient en une jante unie percée de 16 mortaises par lesquelles venaient sortir de larges lames mobiles, qui recevaient un mouvement de va-et-vient au moyen de tiges articulées à un excentrique porté sur l'arbre de la roue. De cette façon, les couteaux étaient amenés en saillie sur la jante dans la partie qui touchait au sol, tandis que sur le haut de la roue, ils étaient complètement rentrés.

Ces machines avaient une très grande force de traction, mais elles cahotaient tellement, qu'elles s'endommageaient ainsi que les routes. On obtint avec ces roues une adhésion représentée par les 0.37 *du poids moteur*.

Nous mentionnerons ensuite l'*Éléphant* à vapeur de TAYLOR, qui parut vers 1860, et la locomotive que TENNANT fit en 1869 et à laquelle il appliqua des ressorts en caoutchouc placés entre la machine et l'arbre des roues motrices.

En 1864, MM. ALBARET ET C^e construisirent, dans leurs ateliers de Liancourt, une machine routière, qui, successivement perfectionnée et modifiée, fut exposée à Paris en 1867, et obtint la médaille d'or concurremment avec la machine de M. Lotz Fils aîné, dont nous allons parler.

Dès 1865, M. Lotz (de Nantes), a étudié très sérieusement la question de la traction sur les routes ordinaires, et, dans le but de généraliser l'emploi des locomotives routières, il a construit trois types de machines, suivant les services auxquels elles doivent être affectées.

Les locomotives remorqueuses, faisant de 4 à 8 kilomètres à l'heure, qui nous occuperont seules, ont une chaudière verticale tubulaire à retour de flammes, portée par un bâti en tôle et cornières. Le cylindre à vapeur vertical et du système Pilon, est supporté par des colonnes en fer; il transmet le mouvement à l'arbre principal par un arbre intermédiaire et une chaîne de Galle. On peut, suivant les besoins, donner trois vitesses différentes à la machine. Les roues motrices sont en fer et tôle avec jante rigide. Une seule est calée sur l'arbre, l'autre folle peut être rendue fixe au moyen d'un frein disposé à cet

effet. La roue unique d'avant-train est commandée par un vis sans fin et une roue hélicoïdale, et exige la présence d'un gouverneur qui est assis devant la boîte à fumée.

Tout le monde a pu voir fonctionner dans les rues et sur les quais à Marseille la lourde locomotive construite par M. ROUSSEAU, mécanicien de cette ville. On peut reprocher aux roues de cette machine d'avoir des jantes trop étroites, et à la machine elle-même, d'exiger un trop grand personnel. Le constructeur s'est appliqué à augmenter le pouvoir de traction de cet engin en commandant, au moyen de bielles, les roues jumelles qui dirigent la machine et dont les jantes sont élastiques.

D'autres constructeurs français se sont encore occupés de locomotives, mais leurs inventions ne sont pas aussi généralement connues ; je citerai cependant FOUGÈRE (Victor) ; CODY, ingénieur de M. MAZELINE, qui a construit une élégante voiture à deux places ; RÉNÉ OLLIVIER, dont la machine a surpris les Marseillais ; enfin, M. STAFFER, dont nous reverrons, j'espère, le vélocipède à vapeur fonctionner avec succès.

En Amérique, on s'est aussi beaucoup occupé de machines de traction, mais surtout au point de vue de leur application aux tramways des rues.

MM. DAVIS ET FOULQUE (de Philadelphie), ont cependant construit (vers 1871) une machine routière étudiée par M. GEORGES WILLIAM FITTS, avec chaudière verticale très ramassée. Les deux cylindres à vapeur horizontaux étaient disposés de chaque côté de la chaudière et commandaient chacun sa roue motrice.

L'avant-train, manœuvré par des engrenages et un secteur horizontal denté, n'avait qu'une seule roue. Les roues motrices étaient d'une construction toute spéciale, elles avaient 1.67 de diamètre et 0.25 de largeur à la jante, qui était élastique. Celle-ci se composait de blocs en caoutchouc ayant la forme de prismes trapézoïdaux revêtus d'une sorte de coquille ; ils étaient logés dans une gorge formée par deux plaques de tôle séparées par un couronne de même métal ; on retenait ces blocs au moyen de prismes triangulaires en fonte fixés aux plaques par des boulons qui les traversaient de part en part. Cette roue a beaucoup d'adhérence, puisque le caoutchouc appuie à nu sur le sol, il est à craindre, toutefois, que l'usure de ces blocs ne soit très rapide.

Nous allons maintenant passer en revue les machines qui semblent primer toutes les autres et résument en elles les progrès faits jusqu'ici par la traction à vapeur sur les routes.

Ce sont les machines de THOMSON, d'AVELING et PORTER, de FOWLER, et de CAIL.

Les machines de THOMSON, construites par Messieurs RAMSOMES, SIMS et HEAD, ne commencèrent à avoir un certain retentissement que vers 1867. Leur chaudière à Por (brevetée) est verticale, de sorte que le niveau de l'eau est peu influencé par les rampes que la machine doit franchir ; cette chaudière est supportée par un fort châssis en fer qui repose à l'arrière sur les roues motrices à jantes élastiques. A l'avant, il appuie par l'intermédiaire d'un très-fort ressort sur une seule roue directrice commandée par un mouvement de treuil placé horizontalement à la portée du conducteur. Dans le principe, ainsi dans la machine COLONIST, de la force de 8 chevaux, les cylindres étaient fixés horizontalement sur le châssis ; ils avaient 0,15 de diamètre et 0,25 de course pour une pression de vapeur à la chaudière de près de 10 kilogr. Mais bientôt on préféra disposer les cylindres verticalement, sous la forme Pilon, à l'arrière de la chaudière ; on put de la sorte réduire un peu la longueur de la machine et laisser plus de place aux personnes qui la dirigeaient. Tel est le cas de la RAVEE, machine de 14 chevaux munie d'une chaudière FIELD de 18^{m²} de surface de chauffe. Ses deux cylindres ont chacun 0,20 de diamètre et 0,25 de course. Elle a été construite pour le Gouvernement Indien et sert au transport des voyageurs. Cette machine est à deux vitesses, la grande est dans le rapport de 1 à 3,75 et la petite de 1 à 12 ; que les cylindres soient horizontaux ou verticaux, le mouvement est communiqué aux roues motrices au moyen d'engrenages, et généralement il y a un arbre intermédiaire placé sous la plate-forme. Les pignons de l'arbre intermédiaire qui engrènent avec une roue dentée, logée dans le tambour de la roue porteuse, peuvent être embrayés ou déembrayés à la volonté du mécanicien, de sorte que la machine franchit très-facilement les courbes du plus petit rayon. Dès le principe, les roues motrices étaient composées d'une jante en tôle de 1,20 de diamètre, et perforée d'une grande quantité de trous de 0,02 de diamètre évasés du côté extérieur. Sur la jante de 0,38 de largeur, munie de deux joues de 25^{mm} de saillie on placait un bandage en caoutchouc vulcanisé de 0,31 de largeur et 0,11 d'épaisseur, pesant environ 300 kilogrammes. Ce bandage était chaussé sur la roue sans presque de tension, condition indispensable à la bonne marche, et qui permet au caoutchouc allongé devant la roue d'aller reprendre sa place sur l'arrière. On voit qu'il y a ainsi déplacement constant du bandage élastique par rapport à la jante. Quand la machine marche lentement le déplacement est faible et le caoutchouc se sépare à peine

de la jante. Mais si la vitesse atteint 10 et 12 kilomètres à l'heure, en avant du tambour, le caoutchouc s'écarte de 8 à 10 centimètres tandis que sur l'arrière il reste appliqué sur son contour et son épaisseur diminue de près de 1 centimètre. Ordinairement le bandage fait une révolution complète pour 30 ou 40 révolutions de la roue.

Avec ces jantes élastiques, tout allait bien quand les routes étaient unies et sèches ; mais quand les roues avançaient sur un sol boueux et humide, le caoutchouc glissait sur la terre et la roue patinait ; ou bien cette jante écartait la boue qui venait s'interposer entre elle et le métal le lubrifiait et il arrivait souvent que le tambour patinait sur sa jante comme aurait fait un arbre de machine dans son coussinet.

Pour obvier à ces inconvénients et protéger le bandage contre les corps tranchants et mouillés, Thomson fit revêtir la jante élastique d'une chaîne sans fin, sorte de cuirasse en acier, formée d'une série de patins en forme d'U reliés entre eux par des maillons doubles. Cette chaîne, placée sans tension sur le caoutchouc, pouvait se déplacer sur lui pendant la marche.

On a pu, avec ces machines attelées à une charrue, labourer directement le sol. Car, les roues, appuyant par une grande surface, ne transmettent au sol qu'une faible pression par centimètre carré. (Cette pression ne va pas au-delà de 3 k.,05). On reconnut, toutefois, à l'usage, que le déplacement du caoutchouc sur sa jante et surtout la tension qu'il éprouve à chaque instant, occasionnait une usure rapide, se traduisant par une perte de 10 pour cent de son poids après un parcours de 2,000 à 3,000 kilomètres.

M. BURELL essaya d'enrayer cette usure en accrochant les patins au tambour. Il empêcha de la sorte la matière élastique de s'éloigner de la roue, mais lui permit toujours de tourner avec ses plaques.

Enfin, GREG et AVELING perfectionnèrent ce système en fixant sur le tambour l'armure précédente, dont les différentes pièces étaient accrochées entre elles ; le caoutchouc se trouvait donc emprisonné. L'usage n'a pas encore démontré comment se fait l'usure du caoutchouc dans ce dernier système.

Les jantes élastiques ont le grand avantage de servir de ressort à la locomotive, surtout lorsqu'elle doit circuler sur des voies pavées, de former un frein très sûr et d'augmenter l'adhérence,

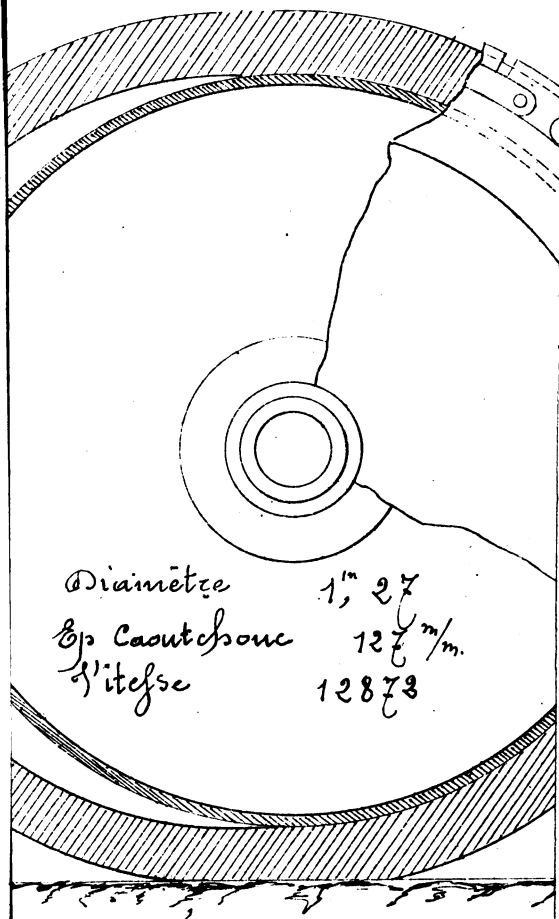
L'expérience a prouvé cependant que, lorsque ces jantes sont protégées par une armure, l'effet est moins sensible. Il faut enfin mettre en ligne de compte le prix d'achat de la matière, par paire de couronnes élastiques, qui varie de 5,800 à 6,000 pour la paire et l'im-

possibilité de tirer un parti avantageux du caoutchouc vulcanisé et hors de service, pour expliquer le peu d'applications que l'on a fait de ces roues.

Messieurs AVELING et PORTER se sont appliqués à perfectionner le plus possible la traction sur les routes ordinaires, en éliminant de la construction de leurs machines tous les engins compliqués et faibles. et ils sont arrivés à produire des machines sûres et durables. Déjà, en 1862, au moment de l'exposition de Londres, 40 machines étaient sorties de leurs ateliers. Elles avaient une chaudière de locomotive dont la boîte à feu est affleurée avec la chaudière, ce qui simplifie beaucoup la construction et diminue les chances de fuites. Le moteur consistait en un cylindre placé au-dessus et en avant de la machine et muni d'une enveloppe de fonte qui recevait la vapeur avant qu'elle ne pénétrât jusqu'à la chapelle de distribution. Dans le principe, l'arbre de la manivelle portait à son extrémité extérieure un pignon engrenant avec une roue, dont l'axe était retenu dans une coulisse circulaire fixe, ayant pour centre le centre de l'arbre moteur. Coulé d'une pièce avec cette roue d'engrenage, un pignon à chaîne sans fin communiquait le mouvement à une grande roue calée sur l'axe des roues motrices. Lorsque, par suite de l'usure, la chaîne devenait lâche, on la tendait en faisant reculer l'axe de la première roue d'engrenage dans la coulisse qui le guide : le rapport des vitesses était de 1 à 9. On peut encore voir cette disposition dans la locomotive acquise par M. ROUSSEAU, de Marseille, et qui a fonctionné entre Marseille et Aix vers 1868 ou 1869. L'avant-train consistait en deux roues réunies par un essieu sur lequel reposait la boîte à fumée. Une troisième roue plus petite, supportée par une chappe, dont l'axe était retenu par deux avant-bras en fers à T, guidait les deux autres. Le timonier, assis près de la boîte à fumée, avait à sa disposition le levier de commande de cette petite roue.

Les roues motrices pouvaient être désembrayées à la volonté du mécanicien pour faciliter la marche de la machine dans les tournants brusques. Leurs jantes, munies d'aspérités et leurs moyeux étaient en fonte, les bras en fers méplats et disposés comme ceux de molettes de puits de mines. L'axe des grandes roues était placé de façon à supporter la totalité du poids de la machine sur les rampes et la presque totalité sur les routes de niveau. Cette disposition permettait au timonier de diriger la locomotive avec très peu d'effort.

MM. Aveling et Porter ont modifié et simplifié leurs machines depuis 1870, et le type perfectionné que possède Saint-Louis a été distingué au Concours royal d'Agriculture de Wolverhampton en 1871,



où ces machines ont remporté le premier prix, laissant en arrière les locomotives de Thomson dont nous avons déjà parlé.

Je ne crois pas que ces constructeurs aient rien changé à la machine proprement dite depuis qu'ils nous ont fourni les locomotives n° 818, de la force de 10 chevaux, avec un seul cylindre de 0,^m254 de diamètre et 0,^m300 de course et n° 828 de la force de 8 chevaux et cylindre de 0,^m225 de diamètre et 300 de course. Ces deux machines, du reste, sont complètement identiques et ne diffèrent que par le poids et les dimensions des pièces qui les composent. Leurs chaudières sont construites en tôle de WEARDALE et éprouvées à froid à 14 kilogrammes par centimètre carré, les foyers sont en fer de Low-moor. Les dimensions des chaudières sont les suivantes :

	Machine de 8 chevaux.	Machine de 10 chevaux.
Diamètre intérieur de la chaudière.	0.82	0.97
Nombres de tubes.	30	37
Diamètre des tubes.	68 ^m / _m et 61	73 ^m / _m et 68
Longueur des tubes.	4.70	4.70
Surface de grille 0,60 × 0,68	0 ^m 2.408	0.80 × 0.90 0.720
Surface de chauffe.	12 ^m 2	19 ^m 2.5
Surface de chauffe par ch. nominal.	4.50	4.95
Pression réelle de la vapeur	5 ^k 62	5.62

Le moteur dont j'ai parlé plus haut est resté tel quel dans les nouvelles machines, mais les paliers de l'arbre manivelle sont supportés par les plaques de côté du foyer, qu'on prolonge à l'avant et à l'arrière, non seulement pour porter l'arbre manivelle, mais pour recevoir l'arbre intermédiaire et l'essieu moteur dans la position la plus convenable. Cet arrangement donne à la machine une très grande force unie à beaucoup de légèreté, il évite le désagrément que l'on avait parfois de voir la vapeur s'échapper par les boulons qui reliaient les paliers à la chaudière ; et il unit si bien ensemble les différentes parties de la machine sujettes à des dérangements par suite de secousses, qu'on peut en toute sécurité, et bien que la machine soit sans aucun ressort, la faire fonctionner sur les routes les plus mauvaises. Le mouvement des engrenages est transmis aux roues motrices, dont j'ai déjà parlé, par l'intermédiaire d'un appareil compensateur, appliqué pour la première fois par le français PECQUEUR, et qui permet de tourner les courbes les plus courtes sans que le conducteur soit obligé de rendre folle l'une ou l'autre des roues. Cette disposition, cependant, comme nous l'avons expérimenté à Saint-Louis,

s'oppose quelques fois à la progression de la machine, quand, sur une forte rampe, elle doit remorquer un poids très considérable. La roue reste fixe. On doit, dans ce cas, annuler pendant quelques instants l'effet de ce mouvement compensateur en rendant son système solidaire de la roue porteuse au moyen d'une forte clavette.

La direction de la machine se fait de la place même du chauffeur au moyen d'un petit arbre incliné, portant d'un côté un volant à manette, et de l'autre, une vis sans fin qui engrène avec une roue hélicoïdale. L'arbre horizontal sur lequel elle est calée, situé sous la chaudière et retenu contre la partie avant de la boîte à feu au moyen de paliers, reçoit deux chaînes attachées à l'avant-train, qui s'enroulent l'une à droite et l'autre à gauche. On en comprend facilement la manœuvre. Tous les appareils compensateurs, engrenages et pignons, etc., sont en fonte malléable. Ce métal est certainement excellent, mais il s'use encore trop facilement dans les organes à grande vitesse, exposés à des chocs et recevant les poussières des routes. Aussi y substituons-nous l'acier fondu quand l'usure nous oblige à les remplacer.

Nous avons employé ces machines pour notre usine de Saint-Louis depuis le mois de mai 1872. Elles ont fait des transports très variés, et si elles ne fonctionnent pas en ce moment, c'est uniquement parce que notre entrepreneur de transports, ayant augmenté le nombre de ses équipages, s'est mis en mesure de faire face à toutes nos demandes.

Dès les premiers jours de leur mise en marche, nous avons éprouvé de grandes difficultés ; les roues motrices à jantes lisses ne mordaient pas suffisamment le sol pour permettre aux machines de remorquer sur nos pentes des poids assez considérables pour que ce transport fut rémunérateur. Force fut donc de faire venir d'Angleterre de nouvelles roues munies de barres diagonales. Celles-ci ont été adaptées aux machines vers le mois de juillet suivant, et c'est dès cette époque qu'ont commencé nos essais de transport. Les wagons que nous avons étudiés et fait construire sont analogues aux tombereaux de notre entrepreneur, on leur a seulement ajouté un avant-train. Ils sont munis d'un levier d'attelage composé d'un rondin en fer de 40 ^m/₁₆ de diamètre plié en forme d'angle et qui vient pénétrer dans une chape, portée par l'arrière du tombereau qui précède, où il est retenu par une forte clavette cylindrique. La caisse des wagons peut basculer autour de l'essieu principal, qui est chargé des ⁹/₁₆ du poids à transporter. Cette disposition permet de décharger très rapidement les voitures, mais, par contre, la manœuvre pour les amener au bord des tas

est difficile et elle exige un personnel très nombreux, qui est occupé seulement au moment de l'arrivée du train (7 hommes). Le coût moyen de cette manœuvre a été d'environ 0 fr. 10 par tonne transportée.

Notre usine est placée sur un point élevé et la route qui y conduit est très accidentée. Les machines qui y venaient du quai ou de la gare montaient chargées et descendaient généralement à vide. C'est la condition la plus défavorable pour une marche économique.

Voici, du reste, le détail des pentes et le profil de la route depuis le point de chargement des minerais au quai de l'Abattoir jusqu'aux fosses où il est déchargé sur la partie culminante de notre usine, qui est à 94,66 (mètres) au-dessus du niveau de la mer.

	DISTANCES.	DIFFÉRENCES de niveau.	PENTE par mètre moyenne.
Du quai à l'abattoir	727 ^m 40	2,67	3 ^m /m 6
De l'abattoir à la traverse des Aygalades.	300,00	9,53	34 ^m /m 7
	400,00	4,00	40 ^m /m
De la traverse des Aygalades au bas de la Cabucelle.	984,00	8,04	8 ^m /m
Rampe de la Cabucelle.	580,00	40,00	47 ^m /m 2
Plaine entre la Cabucelle et la campagne de l'Evêque	480,00	0	0
Montée de l'Evêque à l'église de St-Louis.	540,00	32,84	64 ^m /m 3
De l'église à l'octroi.	240,00	0	0
De l'octroi à la bascule de l'usine (<i>pavé</i>).	482,40	7,70	42 ^m /m
De la bascule à la halde de chargement.	240,00	44,25	68 ^m /m
Palier de la halde	40,00	0	0
Rampe conduisant aux fosses à minerais.	440,00	7,94	53 ^m /m
TOTAUX.	4463 ^m 8	92,91	

Depuis Marseille jusqu'au portail de l'usine, les rampes ont permis de faire remorquer, par la machine de 10 chevaux, 3 voitures tarant chacune 2000 kil. et portant 7 tonnes environ de minerai, soit un poids total de 27 tonnes, près de trois fois celui de la locomotive (qui pèse 10 tonnes).

La machine n° 2 (qui pèse 8 tonnes) a aussi remorqué sur le même parcours 2 wagons et leur charge, soit environ 21 tonnes. Dans l'intérieur de l'usine, il n'en a plus été ainsi ; on a dû dédoubler les trains près de la bascule afin de permettre le passage de la rampe de 68 mil-

limètres. Il en est résulté une perte de temps considérable qui nous a empêchés d'arriver à un régime régulier de trois voyages par jour de notre usine aux quais.

La différence de niveau entre le point le plus bas de la gare de Saint-Louis et le plus haut de notre usine, est de 50^m 60. Le profil de la route qui sépare ces deux points peut se déduire du tableau suivant :

	DISTANCES.	DIFFÉRENCES de niveau.	PENTE par mètre.
Palier dans la cour de la gare.	52 ^m 00	0	0
Descente de la cour à la grille de la gare.	404,40	7,45	Partie en plaines et partie en descente. 49 m/m
De la grille à l'entrée de la vieille gare.	147,30	2,80	
De l'entrée de la vieille gare à la route nationale	350,00	17,44	49 m/m
De l'octroi à l'entrée de l'usine	482,40	7,70	42 m/m
De la bascule à la halde de chargement.	210,00	14,25	68 m/m
Palier de la halde	40,00	0	0
Rampe des fosses à minerais.	440,00	7,91	53 m/m
TOTAL	4526 ^m 40	50 ^m 60	

J'ai indiqué, dans un tableau annexé à ce travail, les résultats comparatifs des différents transports, par vapeur et par chevaux, des matières premières employées dans notre usine; je vais vous en donner un aperçu rapide.

NOTA. — Coût du transport par cheval, d'une tonne de matière.

MATIÈRES.	TRAJET.	1872	1873
Minerais.	Du quai à l'usine.	2.35	2.35
Id.	De la gare à l'usine.	1.10	1.15
Coke.	id. id.	1.25	1.31
Fonte.	De l'usine à la gare.	0.95	0.99

Frais de traction

NUMÉRO DE LA MACHINE.	NATURE DU TRANSPORT ET OBSERVATIONS DIVERSES.	NOMBRE DE JOURS.	BOIS ET CHARBON				MAIN-			
			Kilog.		Valeur.		de traction.		de chargement.	
					F.	C.	F.	C.	F.	C.
818	Loc n° 4. — Transport de minerai de la gare de St-Louis à l'usine..	24	8544	00	296	04	297	25	250	20
	Par jour.....	4	406		44	09	44	45	44	91
	Par tonne kilomètre.....		4	96	9	47				
818	Loc. n° 4. — Transport de minerai du quai de l'abattoir à l'usine....	72	34262	00	4180	54	983	65	720	00
	Par jour.....	4	475		46	39	43	67	40	00
	Par tonne kilomètre.....		2	62	0	09				
828	Loc. n° 2. — Transport de minerai de Marseille à Saint-Louis.....	35	12154	00	422	40	469	78	398	30
	Par jour.....	4	344	02	42	06	43	42	41	38
	Par tonne kilomètre.....		2	26	0	07				
828	Loc. n° 2. — Transport de coke de la gare à l'usine avec retour de fonte.	47	43844	00	476	40	671	50	255	27
	Par jour (fonte, 26,436 kil.)..	4	292	34	40	43	44	28	5	43
	Par tonne kilomètre moyenne.		3	70	0	43				
828	Loc. n° 2. — Transport de coke de la gare à l'usine sans retour de fonte.	47	46621	00	567	27	618	36	231	94
	Par jour.....	4	353	600	42	06	43	45	4	93
	Par tonne kilomètre.....		7	07	0	24				
828	Loc. n° 2. — Transport de minerais dans l'usine.....	9	2766	00	405	86	426	00	412	50
	Par jour.....	4	307	00	41	76	44	00	42	50
	Par tonne kilomètre.....		6	76	0	26				

NOTA.— L'amortissement de la locomotive n° 4, qui a coûté 44,721 fr., et de ses 7 wagons valant 8,260 fr.,
 id. id. n° 2, id. 12,712 fr., id. 6 id. 7,080 fr.,
 Valeur d'un wagon, 4,180 fr.

par locomotives.

Transports par chevaux.

ŒUVRE				DIVERS				AMORTISSEMENT.	DÉPENSES TOTALES avec AMORTISSEMENT.	TOTAUX JOURNALIERS.				LONGUEUR du TRAJET.
de déchargement.		TOTAL.		Graisse, huile et chiffons.		Réparations diverses et nettoyages.				Poids.		Valeur		
F.	C.	F.	C.	F.	C.	F.	C.			T.	K.	F.	C.	
134	75	682	40	43	57	260	50	Amort. 0 f. 20	0 94	4534.480	4473	66	4122 ^m	
6	41	32	47	2	07	42	42			72.943	70	17		
		0	39	0	04	0	44			0 86				
445	57	2149	22	497	25	714	28	Amort. 0 f. 105	0 435	2921.740	6790	56	4463	
5	78	29	45	2	73	9	92			40.579	94	31		
		0	17	0	02	0	05			0 52				
249	44	1120	31	64	72	352	02	Amort. 0 f. 408	0 468	4189.450	2768	06	4463	
7	41	32	00	4	84	40	05			33.975	79	08		
		0	21	0	015	0	065			0 52				
183	39	1109	96	403	42	323	75	Amort. 0 f. 207	0 747	2432.796	2647	69	4526	
3	90	23	61	2	49	6	89			54.761	56	37		
		0	30	0	03	0	08			0 72				
281	69	1149	99	92	49	419	46	Amort. 0 f. 328	4 273	4544.450	4976	24	4526	
5	99	24	46	4	96	08	92			32.796	42	04		
		0	49	0	035	0	48			0 84				
400	50	339	45	44	85	23	90	Amort. 0 f. 359	4 539	686.640	544	95	600	
44	46	37	66	4	65	2	65			76.29	57	21		
		0	83	0	03	0	06			4 26				

est de 19 fr. par jour pour 300 jours de travail, soit 5 ans pour la locomotive et 3 ans pour les wagons.
 id. 46 fr. 40 id. id. id.

On voit que le seul transport avantageux pour une machine comme pour l'autre a été celui des matières lourdes à de grandes distances par des routes en plaine sur une grande partie de leur longueur (*cas des minerais des quais aux fosses*). Quand les machines remorquent les mêmes matières, ou ce qui est encore plus défavorable des matières plus légères (Coke) sur de courtes rampes, l'excès de combustible brûlé dans les descentes répétées à vide, la main d'œuvre de chargement et de traction, et l'amortissement viennent beaucoup accroître les dépenses, et la traction par vapeur coûte plus cher que par chevaux.

L'emploi de machines ne sera donc possible, en général, que pour les longs trajets, et pour notre usine en particulier que pour le transport des minerais venant du port. Il deviendra même très avantageux, si on parvient à faire trois voyages par jour. On y arrivera facilement. 1° Lorsque les mécaniciens et ouvriers seront mieux surveillés comme cela aura toujours lieu dans un service régulier. 2° Quand en outre d'un prix fixe pour leur journée de deux voyages on leur allouera une prime par tonne de matière transportée en plus. — Il faudra enfin se précautionner d'eau d'alimentation pour éviter qu'on ne soit obligé d'aller au loin remplir le tender de la machine.

Certaines dépenses, telles que chargement et réparations pourront être diminuées dans une marche prolongée et régulière, quand, après des études spéciales sur le matériel wagons, on aura pu trouver le mode de construction des avant-trains qui sera à l'épreuve des efforts énormes qu'ils ont à supporter.

Je ferai observer enfin que par les temps boueux et gras, la consommation de combustible pour la traction d'une même charge avec l'emploi de roues rigides est plus considérable que dans les temps secs, et qu'il est même très-pénible, pour les machines, de franchir sur des pavés les rampes prononcées de 6 à 10 centimètres, comme celles qui existent à l'entrée des Hauts-Fourneaux de Saint Louis, sans dédoubler leur train.

Les mêmes difficultés se présentent, du reste, pour le roulage par chevaux, et par des temps semblables, les voituriers, tout en chargeant moins leurs tombereaux, sont encore obligés de prendre des chevaux de renfort.

Nous aurions certainement obtenu ces dernières améliorations, si nous avions continué les transports à vapeur, que les traités préexistants avec notre entrepreneur de roulage, nous ont fait abandonner pour un temps.

Nous n'avons eu à enregistrer que quatre accidents sans gravité pendant deux ans de marche sur une route aussi fréquentée que celle de Marseille à Saint-Louis ; c'est, comme on le voit, une proportion bien faible, et qui répond à une des principales objections faites à l'emploi de la traction à vapeur sur routes ordinaires.

MM. Aveling et Porter ont souvent appliqué à leurs machines les roues de Greg et Aveling, dont j'ai parlé, et les roues d'*Adam*.

Ces dernières sont purement élastiques, et consistent en une couronne faite d'un très fort fer à T, retenue et réunie au moyeu par des bras en fer plat, et recouverte par des segments en caoutchouc de 5 centimètres d'épaisseur, revêtus d'une jante extérieure en tôle, avec barres obliques. Ces segments sont retenus par des cornières cintrées faisant corps avec la jante, et qui glissent contre les bords de la couronne. On évite la rotation en liant, au moyen d'une chaîne, la jante extérieure avec le fer à T de la jante intérieure. Ces roues n'augmentent pas l'adhérence, mais elles agissent comme un ressort modéré.

Ils ont aussi essayé des roues de *Bremme*, à jante flexible. La jante de ces roues est composée d'un ou de plusieurs anneaux formés de plusieurs bandes d'acier de 6 à 8 millimètres d'épaisseur. Les anneaux fixés côte à côte sont protégés par des pièces foulantes réunies comme les maillons d'une chaîne et à certaines desquelles viennent se fixer les bras ; ceux-ci ne s'insèrent pas sur le moyeu, mais y sont attachés de façon à pouvoir prendre un mouvement suivant les rayons et obéir à la flexion de la jante sans pouvoir s'écarter de la direction des rayons.

On a été satisfait des essais de ces roues, qui peuvent entrer en concurrence avec les roues à jantes en caoutchouc, de Thomson, permettent une grande vitesse de machine et l'égale répartition du poids sur toute la surface de contact de la jante.

MM. CAIL ET C^e sont arrivés, dès le début, à produire une machine routièrre qui a pu être mise en parallèle avec les meilleures machines anglaises, et les a même dépassées. Cette machine a beaucoup de ressemblance avec les locomotives du chemin de fer. Ses deux cylindres à vapeur de 0^m 21 de diamètre et 0^m 25 de course sont établis sous la boîte à fumée, entre deux longerons en fer. Un générateur tubulaire de locomobile, à boîte à feu cylindrique, sans retour de flamme et surmonté d'une cheminée ordinaire, est fortement relié avec ces longerons qui se prolongent sur l'avant de la machine, du côté du foyer, pour constituer la plate-forme où se tiennent les mécaniciens, et reposer sur l'avant-train.

Cet avant-train est composé de deux roues à voie étroite montées folles sur un essieu qui peut osciller verticalement, et qui reçoit un mouvement de rotation horizontale au moyen d'une cheville ouvrière traversant un fort manchon en fonte, et terminé par une partie à section carrée. Cet axe appuie sur un ressort de suspension très robuste, qui supporte tout l'avant de la machine. Sur sa partie carrée est enfilé un secteur circulaire denté, actionné par une vis sans fin et des engrenages d'angles.

Les roues motrices sont placées entre la boîte à feu et la boîte à fumée ; leur essieu est fixé et supporté de chaque côté par un bloc en fonte d'acier qui peut glisser sur les deux longerons, suivant un système analogue à celui adopté pour les boîtes à graisse dans les locomotives ordinaires. La majeure partie du poids de la machine appuie sur ces deux pièces par l'intermédiaire d'un puissant ressort. Ces deux blocs portent les coussinets des trois axes du mécanisme moteur qui doivent être complètement solidaires les uns des autres. De la sorte, ce sont les bielles et les barres d'excentrique qui, comme dans les locomotives, supportent les variations dues à la pression.

Le mouvement des pistons est transmis aux roues par un arbre intermédiaire, qui porte un appareil compensateur actionné par un pignon porté par l'arbre à vilebrequin. Ce compensateur est monté fou sur l'arbre intermédiaire, et d'une part, son action se transmet par une grande roue d'angle calée sur cet arbre à un pignon enmanché à son extrémité ; ce pignon engrène avec une roue à denture intérieure fixée sur les bras de la roue motrice de droite. Il actionne, d'autre part, la roue gauche au moyen d'une seconde roue d'angle de même diamètre que la précédente, mais calée sur un manchon fou sur l'arbre intermédiaire et qui porte un pignon engrenant avec la roue à denture intérieure de la roue de gauche.

Les roues motrices ont été très bien étudiées, et on s'est arrêté à la garniture en bois comme la moins coûteuse et la plus facile à réparer.

Chacune des roues consiste en un disque en fonte composé d'un croisillon de 10 bras nervés, réunissant le moyeu à une large couronne, sorte de poulie à gorge avec rebords légèrement renversés vers l'intérieur, de façon à donner à la gorge une section trapézoïdale dont la petite base est à l'extérieur. Cette gorge est remplie de blocs en bois debout. On les place facilement en les introduisant par des entailles dont les bords sont parallèles au plan de la roue, et en les faisant glisser à leur place. Ces entailles sont ensuite remplies par des cales en fer munies de queues taraudées que l'on fixe invariablement sur la jante, et dont l'ensemble forme des cloisons d'entraînement.

Les dimensions principales de la machine sont les suivantes :

	CAIL.	AVELING.
	—	—
Surface de chauffe totale.....	23 ^m q460	25 ^m q40
Surface de grille	0 ^m q900	0 ^m q72
Diamètre des roues motrices....	1.500	1.95
Largeur des jantes.....	0.300	0.457
Poids de la machine vide.....	11.500	14.900
» » chargée...	15.000	16.900
Charge constante sur roues motrices	10 000	»
Nombre de cylindres à vapeur ..	2	1
Diamètre du cylindre à vapeur..	0.210	0.280
Course du piston	0.250	0.356

Cette locomotive de Cail est en service depuis 1869 dans la fabrique de sucre de MM. Lallouette, de Baurain (Oise), concurremment avec une locomotive d'Aveling et Porter, dont les dimensions sont indiquées ci-avant.

On a fait sur elles des expériences comparatives dont les résultats ont été en faveur de la machine française. Ainsi, voici la moyenne de 15 jours de travail :

	CAIL.	AVELING.
	—	—
Poids transporté par jour.....	64 tonnes	61 tonnes
Charbon dépensé par jour.....	527 ^k	780 ^k
Charbon par tonne et par kilomètre....	2.101	3 ^k 152

Depuis 1872, on n'a pas fait de machines d'un nouveau type; on s'est seulement appliqué à améliorer et perfectionner. Les améliorations ont porté surtout sur trois points essentiels :

- 1° Roues motrices ;
- 2° Echappement de vapeur et économie de combustible ;
- 3° Moyen de masquer le mouvement de la partie mécanique.

La dernière machine construite en Angleterre, et qui paraît munie des appareils les plus perfectionnés, est sans contredit la machine de FOWLER ET C^e, DE LEEDS, qui a été exposée à Bedford au mois de juillet (1874). Ces constructeurs sont bien connus par leurs machines agricoles. Leurs machines de traction sont analogues à celles de MM. Aveling et Porter. Remarquons en passant que les deux maisons exploitent mutuellement les brevets de chacune d'elles.

La machine en question, à chaudière horizontale, est à deux cylindres. Le volant, de petite dimension, est entièrement masqué par la roue de gauche, et tout le mécanisme est caché à la vue par une enveloppe en tôle légère: Les roues motrices de 8 pieds de diamètre (2^m432), et construites entièrement en fer, sont mues par des pignons portés par l'arbre intermédiaire et engrenant avec une roue à denture intérieure qui est fixée à leurs bras. On peut, au moyen d'engrenages et de débrayages, leur donner deux vitesses différentes. La construction des roues motrices est simple. La jante, composée de deux fers à T simple cintrés et réunis par les bandes diagonales, est liée au moyeu par des bras en fer plats. Le frein est placé sur l'arbre intermédiaire. Le mouvement horizontal de l'avant-train est produit comme dans les machines d'Aveling et Porter, seulement il est commandé par deux roues d'angle dans le rapport de 1 à 2 qui permettent de doubler la force du mécanicien.

Entre le cylindre et la cheminée, on a disposé un réchauffeur tubulaire pour l'eau d'alimentation dont les tubes sont traversés par la vapeur d'échappement. Cet appareil sert aussi à annuler presque complètement le bruit de la vapeur à sa sortie du cylindre.

Pour compléter la description des roues motrices appliquées jusqu'ici aux diverses machines routières déjà connues, je dois mentionner quelques inventions récentes.

Cette question des roues motrices est une de celles qui préoccupent le plus justement les constructeurs, et vous me pardonnerez de vous donner quelques détails sur les derniers résultats obtenus.

Vers la fin de 1870, la roue d'AVELING et GREIG, dont je vous ai parlé, a été simplifiée en la composant de 12 segments en caoutchouc de 12 pouces de largeur et 3 d'épaisseur. Ils sont appliqués sur la jante, comme nous l'avons déjà vu, au moyen d'étriers en tôle d'acier, et, pour empêcher qu'ils ne viennent à se déplacer, on les a arrêtés au moyen de cornières transversales fixées, rivées sur la jante métallique. Le caoutchouc, de la sorte, n'agit que comme un ressort et son usure est peu rapide.

Dans le but de remplacer les jantes en caoutchouc, si coûteux, M. WOODFORD PILKINGTON (de Londres), proposa une nouvelle disposition de jante élastique.

Les roues consistaient en deux tourtes en fonte formant moyeu, et juxtaposés, portant chacune des demi-alvéoles rayonnantes au nombre de 24. Le même nombre de tubes creux réunissaient les alvéoles à la jante fixe, et dans ces tubes pénétraient des pistons plongeurs reposant contre un double ressort en spirale et terminés

par une partie sphérique s'appliquant dans une loge de même forme portée en creux par le patin. Ce dernier était réuni au piston par un boulon horizontal qui pénétrait dans une ouverture en double cône, permettant ainsi à la jante de suivre toutes les sinuosités de la chaussée. Les patins étaient, du reste, réunis entre eux par des entretoises.

On disposa encore à l'extérieur des tubes d'autres ressorts en spirales qui purent transmettre leur élasticité au piston, par l'intermédiaire d'un cercle qui lui était solidaire au moyen d'un boulon pouvant jouer dans deux ouvertures ovales. Il n'est pas dit que ce système ait été appliqué.

Pour réduire d'environ 25 p. % le prix d'achat des jantes de caoutchouc, M. PINCHBECKS les forma d'une série de blocs munis de sillons regardant le moyeu.

Ces sillons étaient plus ou moins larges, suivant le degré d'élasticité qu'on voulait obtenir. Les blocs étaient maintenus et préservés par des boucliers en tôle d'acier, qui ne pouvaient prendre de mouvement sur la roue que suivant le rayon, car ils étaient maintenus d'une part par des boulons carrés glissant dans les entailles pratiquées sur la jante fixe, et d'autre part, par des chevilles fixes en laiton.

Pendant le mois de septembre 1871, MM. WALKER ET JOHN PFLAUM (de Leeds), brevetèrent une roue élastique formée de deux anneaux lâches juxta-posés, à section en forme d'U, retenus entre des flasques fixes; sous ces anneaux, étaient disposés des séries de ressorts plats ordinaires, fixés par leur centre à une jante rigide, de telle façon que le centre d'un ressort correspondait aux extrémités de deux ressorts de la rangée voisine, de la sorte, la jante était suffisamment élastique et pouvait céder suivant les sinuosités de la route.

Vers la même époque, MM. CLAYTON ET SHUTTLENORTH (de Lincoln), ont inventé une roue élastique aussi, qui paraît, à s'y méprendre, la copie de la roue d'avant-train de M. Rousseau, de Marseille, et qui est formée d'une jante rigide munie de loges dans lesquelles sont des blocs en caoutchouc vulcanisé; chaque bloc est protégé par un patin en fonte retenu par un boulon à tête sphérique.

CONCLUSION.

L'emploi général des locomotives routières en France est maintenant une question d'habitude. Tant que les chevaux ne seront pas faits à ce voisinage des locomotives routières, qui doivent nécessairement

circuler près d'eux et sur les mêmes routes, on aura à craindre des accidents qui peuvent devenir si onéreux pour les entrepreneurs, qu'ils soient obligés d'abandonner leur entreprise. Les tribunaux, dans ces cas-là, se montrent très sévères en général pour les propriétaires de locomotives routières.

Il est aisé, je crois, et l'expérience l'a prouvé, d'accoutumer les chevaux aux locomotives routières, comme on a pu le faire pour les chemins de fer ; et enfin, le dernier mot sera dit, lorsque la vapeur s'échappera tout-à-fait sans bruit, tandis que les organes en mouvement seront complètement masqués. M. LÉONARD J. TODD (de Leith), a atteint ce résultat dans sa locomotive silencieuse pour tramway. Les constructeurs doivent diriger tous leurs efforts de ce côté et je ne doute pas que le succès n'y réponde de façon à amener une amélioration sensible dans les conditions des transports industriels.

NOTA. — De mauvais plaisants, mieux avisés qu'ils ne le pensaient peut-être, ont proposé de mettre, en avant de la locomotive, un manequin de cheval qui donnerait aux chevaux de la confiance.



PRINCIPES THÉORIQUES DES CHAUDIÈRES A DISQUES

Par M. LUGAND, Ingénieur.

Dans les dispositions diverses adoptées pour la construction des générateurs de construction récente, la principale préoccupation des ingénieurs a été de favoriser la circulation de l'eau en conservant à peu près sans changements les diverses variantes depuis longtemps admises dans les chaudières tubulaires et les chaudières à bouilleurs.

La circulation active de l'eau présente en effet des avantages considérables. Elle diminue les dépôts calcaires, régularise l'ébullition et évite les projections d'eau, mais elle n'augmente guère la quantité d'eau évaporée par mètre carré de surface de chauffe, quantité qui est restée constante et n'a pas dépassé 18 à 30 kilogrammes par mètre carré.

Pour augmenter cette production dans une proportion considérable, il suffirait évidemment de substituer constamment aux couches des gaz refroidis qui sont en contact immédiat avec, les parois de la chaudière, des portions nouvelles de ces gaz qui sont à une température élevée.

En effet, tous les observateurs sont frappés de l'énorme quantité de vapeur produite par unité de surface, dans les appareils chauffés au moyen de la vapeur saturée enfermée dans les serpentins ; comparée à celle qui est produite par la même surface dans les appareils de génération de vapeur, il n'est pas rare de voir la production dans le premier cas s'élever à quatre ou cinq cents kilogrammes par mètre carré ; et, comme nous venons de le dire, dans les meilleurs générateurs, cette production est vingt fois moindre.

Cependant les gaz issus de la combustion sont à une température qui dépasse de 5 à 600 degrés en moyenne celle de l'eau à vaporiser, tandis que pour la production indiquée plus haut, la vapeur enfermée dans les serpentins ne dépasse que de 80 à 100 degrés celle de l'eau à évaporer.

Cette différence dans les effets provient nécessairement de celle qui existe entre les propriétés physiques des gaz et celles des vapeurs saturées.

La vapeur saturée est, à l'état de repos, à la même température dans toute sa masse ; et, à l'état de mouvement, cela est encore exact pour tous les points d'une tranche normale à la direction du tuyau qui la renferme ; il est certain, que les parties circonférencielles sont à une température identique à celle des parties centrales.

Il n'en est pas ainsi pour les gaz permanents et la vapeur surchauffée qui composent les produits de la combustion ; dans une même tranche, les parties circonférencielles peuvent être à une température très rapprochée de celle du métal tandis que les gaz situés à une faible distance des bords sont encore au rouge.

Les portions refroidies en contact avec le métal l'isolent des gaz chauds, même très voisins, qui cheminent parallèlement aux parois et arrivent à la cheminée sans produire d'effet utile, à moins qu'on leur fasse faire un très long parcours dans lequel le métal est mal utilisé.

Ceci admis, il est facile de prévoir, que si, comme nous l'avons dit en commençant, une disposition suffisamment simple et pratique permet de substituer méthodiquement une couche chaude à la couche très mince refroidie au fur et à mesure de l'échange des températures, on se rapprochera sensiblement du mode d'action et de l'énergie de production qui caractérise la vapeur saturée.

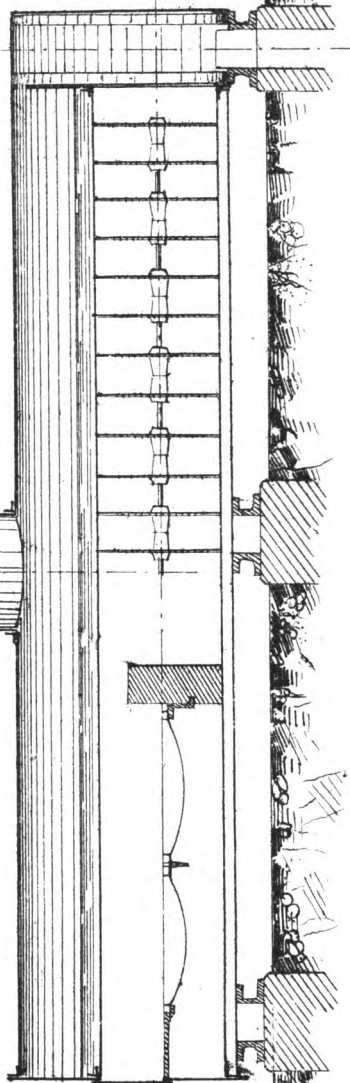
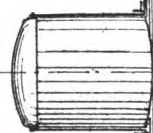
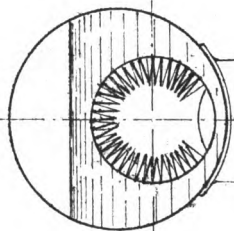
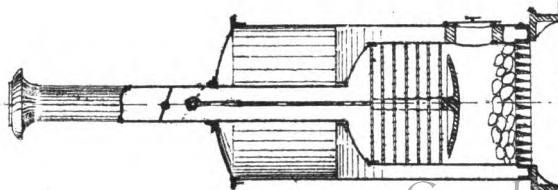
Cette conclusion est appuyée sur ce fait expérimental, que les gaz permanents cèdent ou absorbent la chaleur avec une rapidité et une facilité extrême quand ils sont en contact immédiat avec les métaux ; l'action des toiles métalliques sur les gaz chauds et même enflammés présente un exemple remarquable de cette propriété.

En effet, si la toile métallique absorbe ou restitue presque instantanément la chaleur du gaz qui la traverse, il est évident que ce gaz lui a cédé ou pris la même somme de chaleur dans le même temps.

Pour compléter le préambule de cette étude, il nous reste à chercher quelle élévation dans la température du métal sera nécessaire, pour obtenir une production de vapeur considérable et si, comme conséquence de ce résultat, le métal n'est pas exposé à être brûlé.

Cette question n'a pas encore été traitée d'une manière satisfaisante et aucune expérience directe n'a permis jusqu'à présent de la résoudre expérimentalement. Sur ce sujet Pécelet se contente de dire que le métal est sans doute à une température un peu supérieure, à celle de l'eau, sans rien préciser ; mais nous pouvons, sans crainte

Application des Disques.
aux générateurs verticaux et horizontaux
à foyer intérieur.



d'erreur grave, en trouver la solution par un examen raisonné de ce qui se passe dans les évaporations au moyen de la vapeur saturée ; là, en effet, on possède des éléments d'investigation certains et suffisants : d'une part, les températures d'entrée et de sortie de la vapeur employée à l'évaporation dont la moyenne arithmétique peut être considérée comme la température vraie, quand l'expérience est bien conduite ; d'autre part, la température fixe à laquelle l'eau à évaporer entre en ébullition.

Pour le moment nous admettons, si vous le voulez bien, que la totalité de la vapeur enfermée dans le serpentín est à la température d'introduction, l'eau condensée étant extraite mécaniquement par une pompe ou un retour d'eau bien disposé.

Dans ce cas, Péclet estime à 8 kilog. par degré de différence, entre la température de la vapeur saturée admise, et celle à laquelle l'eau entre en ébullition, la quantité de cette eau évaporée par mètre carré.

Une longue pratique nous a montré que ce chiffre doit être réduit à 5 kilog. dans les conditions ordinaires de marche, à cause sans doute des dépôts et de l'état d'oxydation des surfaces après quelques temps de service.

Ce chiffre est vérifié par ce qui se passe dans les condenseurs à surface en usage dans les machines marines où plusieurs constructeurs admettent que la machine marchant à 70 de vide, c'est-à-dire la vapeur d'échappement étant à 42° et la température moyenne de l'eau de circulation à 32°, on condense 50 kilog. de vapeur par mètre carré, soit encore 5 kilog. par degré de différence de température moyenne entre celle de l'eau et celle de la vapeur.

Il résulte nécessairement de cette égalité dans deux opérations inverses, l'une ayant pour objet l'évaporation au moyen de la vapeur d'eau, l'autre la condensation au moyen d'eau en circulation, que le métal se trouve à une température moyenne, entre celle de la vapeur et celle de l'eau ; et que, par suite, la vaporisation et la condensation sont réellement de 10 kilos environ par degré de différence de température entre le métal et l'eau où la vapeur qui le baigne.

Cela paraît d'autant plus certain, que dans les évaporations effectuées au moyen de vapeur saturée, il y a nécessairement à l'intérieur du serpentín une condensation équivalente à l'évaporation produite.

Dans une chaudière ordinaire produisant 20 kilogrammes de vapeur par mètre carré de surface de chauffe, l'excès moyen de la température du métal sur celle de l'eau sera donc $\frac{20}{10} = 2^\circ$, et pour obtenir

100 k. de vapeur par mètre carré, il suffit que le métal soit à $\frac{100}{40} = 10^\circ$ au dessus de la température de l'eau à vaporiser.

On voit ainsi qu'une vaporisation considérable par unité de surface ne crée aucun danger sous le rapport de la température à laquelle le métal peut être élevé, autant au moins que des dépôts considérables n'ont pas isolé ce métal de l'eau qui doit être évaporée.

Le moyen que nous avons employé pour changer automatiquement les couches refroidies par le contact du métal est très simple, et l'expérience nous a montré sa complète efficacité, car il suffit pour absorber la totalité de la chaleur disponible fournie par le foyer dans un parcours qui n'excède pas un mètre à un mètre cinquante centimètres, quand la partie de la chaudière où il est appliqué a une section égale à la surface de la grille.

Il consiste dans l'interposition, sur le parcours de la fumée, de disques découpés en étoile dont les rayons, aussi nombreux et déliés que possible, laissent entre eux un espace libre supérieur à la section de la cheminée, pour ne pas gêner le tirage.

Ces disques agissent en produisant deux effets concordants et complémentaires.

1° Ils brassent énergiquement les gaz issus de la combustion par les différences brusques de section qu'ils présentent dans leur parcours, tant par suite des étranglements relatifs qu'ils présentent sur la section totale que par le fractionnement circonférenciel qu'ils opèrent sur ces gaz au moyen des dents en chicane qu'ils présentent sur tout leur parcours.

2° Ils reportent vers la partie circonférencielle la chaleur centrale par l'intermédiaire des dents métalliques très nombreuses qu'ils présentent, qui servent de véhicule à cette chaleur.

Le brassage a pour effet, étant opéré à une température élevée, la combustion complète du carbone, de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone, qui ont échappé à la combustion dans le foyer, et qui, mélangés intimement, à une haute température, à l'oxygène en excès, se brûlent complètement, d'où il résulte la diminution et, dans certains cas, l'absence totale de fumée.

Ce brassage concourt en outre à produire, au passage, entre chaque disque, un mélange de température homogène égale dans toute la masse, et, par suite, la production d'effets qui se rapprochent de ceux produits par les vapeurs saturées.

La conductibilité métallique complète l'effet de répartition de la chaleur et concourt simultanément avec le mélange, à donner à la masse gazeuse une température uniforme dans toute la section trans-

versale, résultat si important à obtenir et à conserver pendant tout le parcours utile des gaz au contact des parties de la chaudière baignées par l'eau à évaporer.

Le disque inférieur, fait en fonte épaisse ou en tôle emboutie, n'a pas de découpures ; il sert à protéger les disques supérieurs, et sa forme convexe a été adoptée pour éviter toute déformation.

Les disques étoilés qui suivent sont en fonte ou en tôle, et dans les chaudières verticales, tous sont taraudés sur la tige qui les porte, pour que la rupture ou la chute accidentelle de l'écrou inférieur ne détermine pas la chute de la totalité des obturateurs.

Ce mode d'attache individuel de chaque disque sur la tige présente en outre cet avantage important que la partie de la tige qui travaille, au maximum, est comprise entre le disque le plus élevé et la traverse supérieure, c'est-à-dire dans la cheminée, là où les gaz sont très refroidis et sont sans action sur cette tringle que nous mettons en cuivre rouge.

En avançant vers l'obturateur, la tige, qui reste cylindrique, est de moins en moins chargée, au fur et à mesure que sa température augmente.



NOTE

SUR LE TRAITEMENT DU MINERAI DE FER AU JAPON

Par **M. D. SÉVOZ**,

Directeur des Forges et Trefileries de Lods (Doubs),

MEMBRE ASSOCIÉ.

Vers le centre de la province de Harima, à environ 800^m au dessus du niveau de la mer, se trouve le massif montagneux du district de Sisso, réputé au Japon pour la qualité du fer qu'on y produit.

Les porphyres (genre eurite), qui couvrent une grande partie du pays, cessent brusquement à 600 ou 650^m de hauteur, et laissent à découvert un gros mamelon granitique dont le point culminant est à près de 900^m au dessus du niveau de la mer.

Mineral.

Ce granit, dans les parties assez rares où il s'est conservé intact, est composé de quartz blanc, hyalin et jaune ambre, de feldspath rose et de mica noir à reflets dorés. Sur le plus grand nombre des points, il est décomposé et se déroche facilement à la pioche, quelquefois à la pelle seule. Dans ce granit lavé, les Japonais trouvent le seul minéral de fer utilisé dans leur pays. Le minéral y est invisible à l'œil nu, le granit en tient moyennement 2 p. % ; on m'a fait voir quelques rares parties en contenant 6 p. %, il consiste en très petits grains noirs, à facettes ternes et angles arrondis ; les plus gros grains n'ont pas plus de $\frac{3}{10}$ de millimètres de grosseur. Ce minéral m'a paru être à peu près semblable à celui que M. Domeyko a signalé sur certaines plages du Chili, ce serait donc un minéral de fer oxydulé, titanifère ; l'analyse en est très difficile, parce que ce minéral ne s'attaque qu'imparfaitement par les acides et le carbonate de soude ; il contient 90,3 p. % de parties attirables au barreau aimanté, et ce sont ces parties qui s'attaquent le moins difficilement ; j'ai trouvé dans ce

minerai 26 % de silice encore ferreuse et 71 % de fer peroxydé ; je n'ai pu doser l'oxyde de fer au minimum qui doit s'y trouver, ainsi que l'acide titanique.

Lavage.

Le chantier d'exploitation des granits est établi aux endroits où il est le moins résistant et aussi près que possible du canal de lavage. Près du chantier se trouve un réservoir pouvant contenir 150 à 200 mètres cubes d'eau ; cette eau provient, en petite quantité, des quelques sources qu'on peut y amener, mais surtout des eaux de pluie du printemps et de l'automne, qui sont soigneusement recueillies. Ce réservoir est séparé par une vanne du canal de lavage, construit très soigneusement en pierres sèches bien rejointoyées avec de l'argile ; le fond est formé de dalles plates ; le canal a un mètre de largeur sur autant de profondeur, et une pente un peu variable, suivant le terrain dans lequel il est creusé, mais qui se rapproche en moyenne de 25° à 30°.

Quand le réservoir est plein d'eau et que les bords du canal, dans son voisinage, sont couverts d'une assez grande quantité de sable granitique, on le jette par pelletées dans le canal, et on lève assez la vanne pour que l'eau puisse l'entraîner avec suffisamment de vitesse. Quand le réservoir est vidé, on attend qu'il se remplisse de nouveau et on recommence. Tous les 50^m environ se trouve un bassin en forme de bateau, de 4^m de long sur 1^m50 de largeur au milieu, et dont le fond est horizontal. C'est dans ces bassins qu'on recueille le minerai qui s'y arrête ; grâce à sa densité, qui est de 4,24, le minerai est bien lavé, on n'y voit que quelques grains de quartz ; les fondeurs japonais disent n'avoir aucun intérêt à le laver mieux, la roche qui y est mélangée leur servant de fondant, ils ajoutent même quelquefois au lit de fusion un peu du kaolin très commun aux environs.

Ce minerai, tel qu'il est lavé, rend 61,5 p. % à l'essai par voie sèche, il est vendu aux usines 22 tempos les 32 couamés (1) (1 fr. 10 les 100 kil.).

L'extraction du minerai, qui est toujours accompagnée du lavage, est surtout active à l'époque des pluies, pendant laquelle on cherche

(1) Les Japonais ont de tout temps employé le système décimal pour les poids et les mesures de longueur.

Poids : 1 couamé = 3 k. 750, 1 monmé = 3 gr. 750, 1 foun = 1/10 de monmé.

Mesures : 1 hiakou = 0^m303, 1 soun = 1/10 de hiakou, 1 bou = 1/10 de soun, 1 li = 1/10 de bou.

à s'approvisionner pour toute l'année ; elle n'est suspendue, comme le travail du four, que pendant la récolte du riz qui occupe tous les bras. Dans tout le district de Sisso, la quantité annuelle de minerai lavé ne dépasse guère 975,000 kil. pour une production d'un peu plus de 200,000 kil. de fer.

Charbon.

Le charbon de bois fait au Japon, bien que produit uniquement par des essences résineuses, est de bonne qualité ; il est sonore et solide, il est cuit dans des fours de 4 à 5 mètres cubes de capacité, construits en pierres sèches, en vase demi-clos, si on peut s'exprimer ainsi. Les bois employés sont par ordre d'importance : les *matsous* (pins et sapins), le *soughi* (*cryptomeria japonica*), le thuya, certains cyprès, le *hinoki* (*retinispora obtusa*). Ce charbon donne 2 p. % de cendres en moyenne et 1 gramme dans la litharge réduit 27 gr. 63 de plomb ; il coûte à l'usine 65 tempos les 100 couamés, soit 10 à 11 fr. les 1000 kil. A l'usine à argent d'Ykouno, on le payait environ 30 fr. les 1000 kilog.

Four.

Le four pour la production du fer, dont le croquis ci-après indique, aussi bien qu'il m'a été possible d'en juger, la coupe en travers ; ce four, dis-je, a 3^m 15 de longueur, il est construit avec des moëllons de granit dur posés en plein mortier d'argile, l'écartement des deux murs du gueulard est maintenu, tous les 0^m 90, par une sorte de clef de voûte formée de la même roche. Le four est soufflé sur chacune de ses deux longues parois par 9 busillons de 15 ^m/_m de diamètre à l'œil, soit en tout 18 busillons.

Les deux extrémités du four sont murées de la même manière et ont une ouverture ronde de 0^m 12 à 0^m 15 en leur milieu, et un peu au-dessus du niveau de la sole. La bonne conduite du fourneau consiste à maintenir une langue de flammes à ces deux ouvertures en empêchant autant que possible le vent de sortir par le gueulard.

Travail.

Pour la mise en feu, le propriétaire de l'usine de Cotchino-Mimouro m'a expliqué qu'on commençait par étendre sur toute la sole une couche de cendres, sans argile, de 0^m 08 à 0^m 10 d'épaisseur, comme

elle est figurée au croquis, puis qu'on remplissait le four de charbon jusqu'au niveau du gueulard. Alors le charbon est allumé par les deux ouvertures du bas ; quand il l'est suffisamment, on couvre le gueulard avec de la boue faite de terre végétale mélangée de fraïsil et on attend que le feu se soit propagé dans toute la masse du charbon ; à ce moment, on commence à donner un peu de vent pour faire rougir l'intérieur des parois du four, il faut toute une journée pour obtenir ce résultat, sans compromettre la solidité de la construction ; pendant cette opération, on maintient toujours le gueulard plein de charbon. Le lendemain, on commence à charger un peu de minerai, le minerai est semé très également et en très petite quantité à la fois au moyen d'une sorte de sébille en bois sur toute la surface du gueulard, le charbon est réparti de même avec grand soin dans la proportion voulue ; mais les quantités de ces deux matières sont très variables, le maître fondeur les change à chaque instant sans se rendre compte, au moyen d'une balance, des modifications qu'il apporte à la charge, ce n'est qu'à la fin de la journée qu'on sait ce qui a été consommé.

Le travail paraît marcher très régulièrement, et pendant la journée que je l'ai suivi, j'ai vu rarement les ouvriers être obligés de se servir du ringard pour dégager des obstructions et faire couler la scorie qui vient brusquement et à intervalles irréguliers remplir le trou que le fondeur lui a préparé, pour l'enlever facilement une fois refroidie.

L'opération complète dure de 12 à 18 jours, elle n'est arrêtée que lorsque la scorie ne peut plus sortir facilement, ou que les buses soient enfeutrées. On passe en moyenne, pendant ce temps :

4800	couamés de minerai	(18,000 kil.)
3800	— de charbon	(14,250 »)

On laisse refroidir le four pendant 2 jours, puis on démolit les deux murs des extrémités, on jette de l'eau avec précaution pour faire éclater la scorie qui embarrasse une grande partie du four, puis on engage des ringards dans la couche de cendres pour soulever et dégager le gros culot ferreux, qui pèse environ 1024 couamés (3840 kil.).

Cette matière est roulée à grand peine sous un mouton à déclin ; le mouton est formé lui-même de la moitié d'un ancien culot, choisi plus compacte que les autres, il est soulevé au moyen d'une roue à hommes, de 11" 50 de diamètre.

Produits.

Le produit est fragmenté autant que possible, et chaque morceau est soigneusement classé en trois qualités de fer, une d'acier (étouffe) pour la fabrication des armes blanches, et les parties de fonte sont mises à part.

Les scories qui étaient produites au moment de ma visite (juin 1870) avaient la composition suivante :

Silice.....	26.52
Alumine	8.37
Protoxyde de fer...	62.25
Chaux.....	1.75
Potasse.....	2.13
	101.02

D'un minerai de fer tenant 61.50 de fonte, les Japonais tirent un peu plus de 21 % de fer.

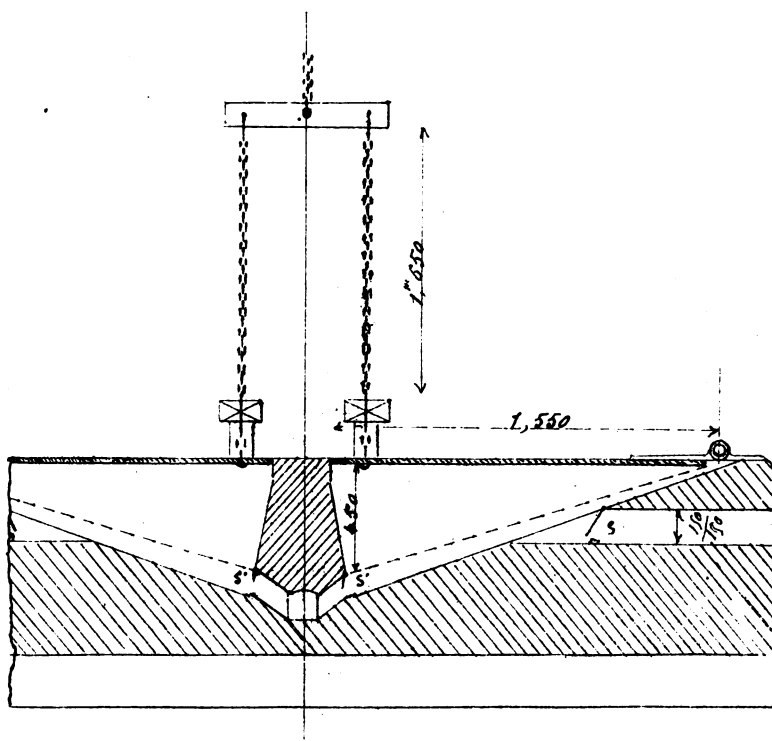
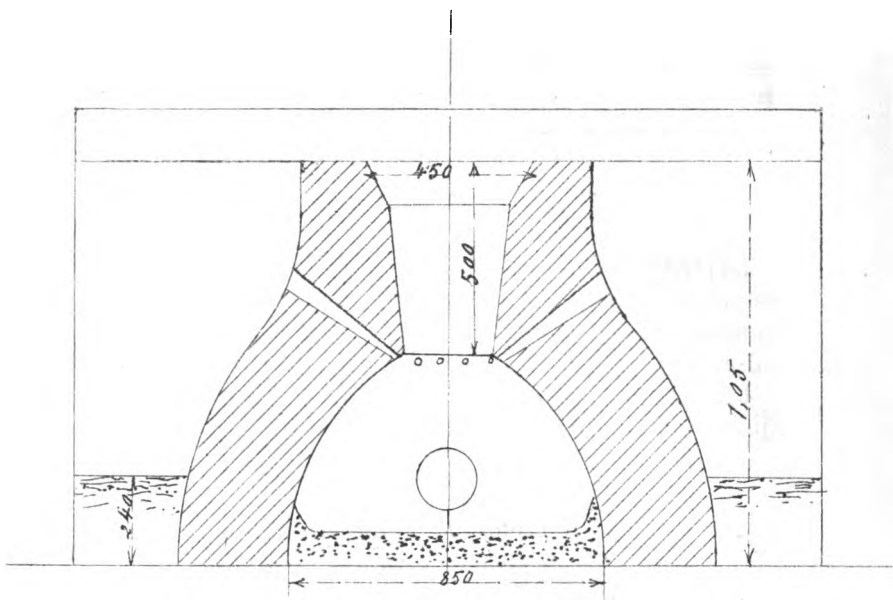
Le prix de revient de ce fer en sortant du four serait d'environ 163 fr. les 1000 kil.

Minerai	4680 k. à 11 fr. =	51.48	} 162.90
Charbon	3710 k. à 11 fr. =	40.82	
Main d'œuvre		70.60	

Soufflerie.

Il me reste à décrire la curieuse organisation de la soufflerie japonaise, dont le croquis ci-dessous indique le fonctionnement ; elle consiste en un massif en pierres, cimentées toujours avec de l'argile (1), et dans lequel ont été ménagés deux vides prismatiques symétriques où peuvent se mouvoir deux portes à charnières de 1^m55 de longueur sur 0^m90 de large. Un homme assisté d'un enfant en passant tous deux ensemble alternativement du marchepied M au marchepied M' mettent la machine en mouvement. Les vides prismatiques sont garnis en bois et de manière très soignée, les bords

(1) Le calcaire est très rare au Japon, le mortier de chaux y est, par conséquent, inconnu. Pendant mes deux années de séjour dans ce pays, je n'ai vu que deux minces filons de chaux carbonatée blanche cristalline que les Japonais exploitaient en petite quantité pour la cuire et en fabriquer du fard. La chaux actuellement employée par les Européens et quelques indigènes vient d'Europe.



des portes mobiles sont garnis d'une bande de peau de renard, qui rend le frottement très doux et ferme bien le vent. On donne en moyenne 20 coups de soufflet par minute. Les soupapes S d'arrivée d'air ont 0^m15 sur 0^m15 de côté, et les soupapes de retenue S' ont 0^m09 sur 0^m18.

Au Japon, le fer est, pour ainsi dire, plus rare que le cuivre, aussi le fer n'est-il employé qu'aux ustensiles où le bronze ne peut le remplacer, et encore aussi parcimonieusement que possible. L'Europe et l'Amérique commencent à envoyer des fers au Japon ; ces fers, par la netteté de leur profil, font l'admiration des Japonais, qui ne connaissent pas le laminoir ; mais pour la qualité, au travail et à l'usage, ils mettent, et avec raison, le leur bien au-dessus.

Lons (Doubs), 15 Octobre 1874.

Monsieur le Président de la Société Scientifique Industrielle de Marseille,

Veillez me permettre de soumettre à la Société le fait de géologie suivant, qui me paraît rare ; je n'en ai trouvé mention nulle part et certains de nos collègues, habiles en cette science, en prendront probablement connaissance avec intérêt.

Le district que j'exploitais au Japon était constitué par un énorme massif porphyrique de 30 à 40 lieues de tour. Le porphyre est excessivement dur et de couleur mêlée rouille et gris ; il m'a été impossible, pendant deux années de recherches assidues, d'y rencontrer le moindre débris fossile pour essayer d'en fixer l'âge ; les autres roches, bordant cette éruption, ne consistaient qu'en granit à un état plus ou moins avancé de décomposition. Ce massif est sillonné par plus de 200 filons quartzeux, suivant tous deux uniques directions : N.-S et E.-O ces derniers étaient métallisés par des sulfures d'argent aurifères,

les premiers par de la pyrite de cuivre quelquefois argentifère. L'examen des croisements tendrait à prouver que ces deux systèmes de filons sont contemporains. J'arrive au fait qui fait l'objet de ma lettre.

Un des filons cuivreux présentait ce caractère tout particulier de renfermer des noyaux lenticulaires orientés comme le filon. Ces noyaux, de la grosseur du poing en moyenne, sont noirs, très durs et présentent l'aspect de certains schistes houillers, leur surface est glacée, d'un beau noir. Ils donnent au tube fermé de l'eau, puis des vapeurs bitumineuses qui jaunissent le tube et sont du reste très sensibles à l'odorat ; j'ai trouvé dans ces noyaux :

Eau	24 p. %.
Matière carbonée.....	25 p. %.
Argent.....	310 grammes à la tonne.
Or	190 » »

C'est à dire que ces rognons contiennent plus de 600 francs de métaux précieux à la tonne et le double environ après grillage.

La présence des matières bitumineuses dans un filon de quartz et mélangées de métaux précieux, me paraît un fait assez rare pour être indiqué ; ne pourrait-on pas en induire l'époque d'éruption de ces filons ?

Je possède un échantillon de ces noyaux et je me ferais un grand plaisir de vous le confier, Monsieur le Président, si l'étude en est jugée intéressante par quelqu'un de nos collègues.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération très distinguée,

D. SÉVOZ, *Ingénieur.*



COMPTES-RENDUS

DES

SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE INDUSTRIELLE



Séance mensuelle du 14 Janvier 1875.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, qui est adopté.

Il est donné communication d'une lettre de M. Denamiel contenant son rapport sur les bassins du Radoub de Marseille, lequel sera inséré *in-extenso* dans le *Bulletin* du 4^m trimestre 1874.

M. Sévoz envoie une communication sur le traitement des minerais au Japon. — Renvoyé à la section de chimie.

La Société des Intérêts internationaux envoie une carte des chemins de fer projetés ou patronés par elle.

La Société de Géographie envoie les documents relatifs au Congrès géographique de 1875 et à l'Exposition qu'elle organise. — Renvoyé à la section de géographie commerciale.

M. DE RETZ expose l'histoire des locomotives routières tout en regrettant qu'une conférence sur le même sujet ait été faite le mois dernier à Londres, lorsque lui-même était déjà à l'ordre du jour des séances de la Société. Il passe en revue les diverses tentatives de charrettes à vapeur et de diligences ou omnibus à vapeur faites depuis Cugnot, en 1769, et Trevithick, en 1801, jusqu'à Pecqueur, en 1828, et Galy Cazalat, en 1837. Puis, les machines spécialement destinées à remorquer, depuis le remorqueur de Dietz, en 1840, jusqu'aux locomotives routières actuelles dans lesquelles on a recherché principalement à augmenter la charge portée par les roues motrices, et surtout à augmenter l'adhérence par une construction particulière des roues.

M. DE RETZ décrit avec des détails très complets les divers systèmes de roues élastiques inventées par Adam, Mackinder, les roues flexibles de Thomson et Bremme, et enfin, les roues rigides, qui cherchent à obtenir l'adhérence par des aspérités. Il fait une description détaillée des machines les plus en vogue de Thomson, d'Aveling et Porter, de Fowler et de Cail, qui ont donné des résultats satisfaisants dans de véritables exploitations.

Il cite l'expérience de la fabrique de sucre de MM. Lalouette, de Baurain (Oise), où une locomotive de Cail a été mise en concurrence avec une d'Aveling et Porter, qui a été reconnue inférieure.

La charge transportée par jour était, en effet, pour la machine de Cail, de 64 tonnes, avec une dépense de 2 k. 101 de charbon par tonne kilomètre, tandis que pour la machine d'Aveling, la charge transportée journellement était de 61 tonnes, avec une dépense de 3 k. 152 par tonne kilomètre.

M. DE RETZ termine par un tableau comparatif des résultats obtenus aux Hauts-Fourneaux de Saint-Louis, pour les transports par charrette et par locomotive Aveling.

Les transports par machine n'ont pas été avantageux à cause du peu de longueur des trajets, et de l'importance des pentes, qui obligent à rompre charge.

Il conclut en disant : l'emploi de machines ne sera donc possible, en général, que pour les longs trajets, avec des réserves d'alimentation préparées à l'avance, et avec un matériel de wagons parfaitement étudié ; enfin, par les temps boueux et gras, la consommation de combustible pour la traction d'une même charge, avec des roues rigides, est plus considérable que dans des temps secs, et il est même très pénible de franchir sur des pavés les rampes de 6 à 10 centimètres sans dédoubler les trains.

L'heure étant avancée, le Président après avoir remercié M. DE RETZ de sa communication, qui sera inséré *in-extenso* au *Bulletin*, remet à la prochaine séance des communications de MM. Pétin et Marquisan.

La Société reçoit membres fondateurs :

MM. CHEVRET, plombier.

CHALMETON, agent commercial des mines de Bessèges.

SEREN, courtier de commerce.

Le Secrétaire,

D. STAPFER.

Séance mensuelle du 11 Février 1875.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, lequel est adopté.

Le Président annonce que la Société a reçu en don de M. le général Lewal ses ouvrages, *Réforme de l'Armée*, 1 volume, et *Études de Guerre*, 2 volumes, et de M. le docteur Rampal, son *Cours d'économie politique* à l'usage des ouvriers, 2 volumes.

M. Jules PÉTIN expose comment depuis quelques années dans les forges de la Loire, ainsi qu'en Angleterre, on était menacé de manquer de puddleurs ; tous les anciens puddleurs avaient plus de 40 ans et ne faisaient pas d'élèves.

Cette situation poussa les ingénieurs à reprendre les essais de puddlage mécanique déjà tentés sans succès ; après l'échec du procédé Dormoy, qui se contentait d'épurer mécaniquement le ringard des puddleurs, en 1860, Ménelaus avait essayé de transformer la sole du four en une sorte de tonneau tournant sur son axe, mais n'avait pu trouver de matière assez réfractaire pour son garnissage.

A la même époque, M. Pernot avait fait des essais qui n'avaient pas abouti pour la même raison.

En 1873, M. Jules Pétin a visité, pour le compte des usines Pétin et Gaudet, les usines anglaises, qui employaient le four Danks, four roulant américain ; il constata que le puddlage se faisait bien par ce mouvement de la sole, mais qu'il était très difficile de travailler les énormes loupes peu homogènes que produisait le four Danks. Pour cette raison, la plupart de ces fours ont été démolis.

Depuis lors, M. Pernot, chef de fabrication des usines Pétin et Gaudet, a eu l'idée d'incliner la sole du four à puddler, de manière à ce que la moitié émerge du métal en fusion, et en la faisant tourner, il se produit un brassage de la fonte, qui en opère le puddlage, et la ramène constamment devant la porte de travail.

L'ouvrier peut ainsi travailler sans fatigue, et diviser la masse en petites loupes de 300 kil. au plus.

M. Pernot a évité les difficultés du four étanche en opérant comme Danks dans une atmosphère sous-pression.

Le premier four n'était construit que pour 300 kilos, mais la chaleur était difficile à maintenir, et il a trouvé avantage à porter la charge à 700 kilos, puis à 1000 kilos.

La voûte du four est portée par une couronne en fonte et maintenue par des armatures.

Il y a deux portes de travail : l'une, pour charger ; l'autre, pour diviser et enlever les loupes.

Du côté opposé est la grande ouverture par où on introduit le charriot roulant, qui porte la sole tournante.

Cette dernière se compose d'un plateau en fer et fonte, dont l'axe est incliné et qui roule sur 4 gros galets ; une couronne dentée permet de lui donner un mouvement de rotation de 3 à 6 tours par minute au moyen d'un pignon actionné par une machine placée en dehors du four.

Sur le plateau, sont montées une série de douelles cerclées qui maintiennent le garnissage tout en se prêtant aux effets de la dilatation.

Le garnissage est fait avec du minerai non siliceux, puis avec un minerai à 4 ou 5 % de silice, qui remplit les interstices, et enfin, à chaud, avec une légère couche de minerai ou de riblons qui forme un vernis avant l'introduction de la fonte.

Il faut 2 heures 30 minutes pour une opération complète ; toutes les 3 heures on peut recommencer.

Le personnel se compose de un puddleur, deux aides, un chauffeur et un machiniste, qui mène cinq fours.

Le travail fatigant des loupes ne dure que 30 minutes.

En comptant la fonte à 190 francs, les riblons à 120 francs, le minerai de Mokta à 36 francs, la crasse fine à 20, et la houille à 18 francs, on établit ainsi le prix de revient d'une tonne de fer brut de bonne qualité.

MATIÈRES.	FOUR PERNOT.	FOUR ORDINAIRE.
Fonte.....	4005 k. = F. 490,95	4076 k... = F. 204,44
Riblon.....	» »	65 »... = » 7,80
Minerai.....	53 » = » 4,91	» »
Crasse fine.....	86 » = » 4,72	56 »... = » 4,12
Houille.....	4060 » = » 49,08	4543 »... = » 27,23
	<u>243,66</u>	<u>240,59</u>

MAIN D'ŒUVRE.	FOUR PERNOT.	FOUR ORDINAIRE.
Puddeur	0,57 journée = F. 4,56	0,93 journée = F. 7,44
Aide-puddeur	0,57 » = » 2,28	0,93 » = » 3,72
Chauffeur	0,28 » = » 0,84	» »
Machiniste.....	0,28 » = » 0,56	» »
	TOTAUX..... 224,90	254,75

soit une économie de 30 fr. par tonne avec le four Pernot. Economie qui serait évidemment un peu moindre avec des fontes ordinaires.

La production de vapeur est en proportion de la houille brûlée et l'opération se faisant rapidement, on dispose d'une quantité de vapeur largement suffisante pour faire marcher la machine motrice, les ventilateurs en plus des marteaux cingleurs et des laminoirs.

Un certain nombre de fours travaillent à Saint-Chamont pour l'acier puddlé destiné aux frettes à canon.

Mais la sole tournante a surtout été appliquée avec succès aux fours Siemens pour la fusion de l'acier pour rails.

La grille est alors remplacée par un canniveau pour l'arrivée des gaz du générateur Siemens. La sole est suffisante pour contenir 4 à 5,000 kilos.

On a trouvé avantage à supprimer les fours à rechauffer et à charger en une fois, toute la fonte et tout le fer, les parties qui fondent les premières secouent constamment les portions encore solides et les empêchent de se brûler.

La fusion s'opère en moins de 2 heures et l'opération complète se fait en 4 heures.

La consommation de houille a diminué de près de moitié et la production journalière a presque doublé.

Depuis quelque temps on est même parvenu avec la sole Pernot à transformer directement la fonte en acier comme dans les convertisseurs.

M. PÉTIN ajoute, en terminant, que les frais d'établissement ne sont pas de beaucoup supérieurs à ceux des fours ordinaires, soit :

14,000 fr. pour le four à puddler Four ordinaire. 8,000
et 44,000 fr. pour le four à acier avec gazogène. Four Siemens.. 40,000

Le Président, après avoir remercié M. Pétin de son intéressante communication sur un appareil qui paraît destiné à faire faire un grand pas à la fabrication du fer et de l'acier, donne la parole à M. Marquisan.

M. MARQUISAN reprend la suite de sa communication sur l'alizarine artificielle.

Dans la première partie, il avait montré l'analogie étroite existant entre la benzine, la naphthaline, l'anthracène et fait l'histoire de ce dernier carbure, de sa fabrication et de ses propriétés.

L'étude de l'anthracène offre encore un vaste champ aux recherches des chimistes ; ainsi on a pu retirer de différentes substances tinctoriales extraites du règne végétal, des corps se rattachant à la série anthracénique et qui donnent de l'anthracène par réduction par le zinc.

Graebe et Lieberman, ayant trouvé que parmi les atomes de l'hydrogène de l'anthracène c'étaient ceux du milieu qui se laissaient remplacer par les atomes des corps en présence, ont pu les remplacer par du brome, du chlore ou d'autres radicaux et obtenir ainsi une série de dérivés de l'anthracène. En substituant ensuite un de ces radicaux par le groupe (O^2), on obtient l'anthraquinone.

Lorsque les atomes des corps, en présence, par exemple, du brome, entrent dans les groupes extrêmes, on aura par oxydation de l'anthraquinone plus ou moins bromé.

De même, en introduisant le radical sulfuryle SO^3H une ou deux fois dans le groupe extrême, on aura les acides mono et bisulfanthracénique et par oxydation de ceux-ci, les acides mono et bisulfanthraquinoniques. Si l'on substitue au radical sulfuryle, dans ces derniers acides, 2 fois l'oxhydryle (OH), on aura l'alizarine.

C'est sur ces transformations successives qu'est basée la fabrication de l'alizarine artificielle.

Après l'exposé de ces considérations générales, M. MARQUISAN décrit la fabrication de l'anthraquinone et les divers brevets pris en France et à l'étranger pour la fabrication de l'alizarine. Les premiers sont de novembre 1868 ; tous les brevets, pris depuis cette époque, ont eu en vue une simplification de procédés, et la substitution de réactifs plus industriels et moins coûteux que les premiers employés, tels que le brome, etc.

Le dernier brevet pris en France et en Angleterre en novembre 1869 et janvier 1870, repose sur la mise en pratique d'un procédé général de préparation des phénols découverts plusieurs années auparavant par Dussart, Wurtz et Kékulé. L'alizarine, tenant des quinones et étant par sa constitution un phénol diatomique, toute méthode commune de préparation des phénols, des quinones, pourra lui être appliquée. — M. Charles Lauth écrivait la même chose en 1869.

Après avoir décrit les procédés industriels de la fabrication de l'alizarine, M. MARQUISAN expose quelques données sur ses propriétés chimiques et son application dans les arts et la teinture comparativement à la garance ; puis il donne quelques généralités sur les différentes matières colorantes contenues dans la racine de garance et qui s'y trouvent à l'état de glucosides ; et les moyens de les dédoubler pour les obtenir à l'état libre.

L'une des plus importantes après l'alizarine, c'est la purpurine, découverte par Robiquet et Collin et qu'on sépare industriellement de l'alizarine en traitant la garance par les procédés de M. Kopp.

Sa formule, longtemps contestée, vient d'être établie par les remarquables travaux de M. de Lalande, qui a fait la synthèse de la purpurine et l'a obtenue par l'oxydation directe de l'alizarine.

Enfin, dernièrement, les travaux de M. Rosenthal montrent comment l'alizarine, la purpurine et leurs dérivés se rattachent aux acides oxy-dioxy-trioxybenzoïque et ruffigalique.

M. MARQUISAN présente à la Société divers échantillons d'anthracène brut et sublimé, d'anthraquinone, et d'alizarine artificielle à reflets bleus et jaunes, ainsi que de superbes aiguilles d'alizarine sublimée provenant, soit de l'alizarine artificielle, soit d'un extrait de garance. La plupart de ces échantillons ont été obligeamment offerts à la Société Scientifique Industrielle de Marseille par MM. Bind-schedler et Busch, de Bâle.

Vu l'heure avancée, la fin de sa communication est renvoyée à la prochaine séance.

La Société a reçu membres fondateurs : MM. PARET (Louis), sous-directeur des Raffineries de Saint-Louis ; THIÉBLEMONT, sous-ingénieur des Hauts-Fourneaux de Saint-Louis.

Séance mensuelle du 11 Mars 1875.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, qui est adopté.

Le Président annonce que la Société a reçu de M. Richaud, architecte, membre de la Société, son *Traité des entreprises particulières, contenant une série de prix pour Marseille*.

M. MARQUISAN, reprenant la suite de sa communication sur l'alizarine artificielle, étudie quelles sont, pour l'industrie de la garance, les craintes que peut faire naître la découverte de ce produit, et cite à l'appui les opinions contradictoires des industriels et des chimistes, parmi lesquels, MM. Kopp, Gessert, Engel-Dolfus, Scheurer-Kestner font autorité; il fait ressortir les avantages et les inconvénients que l'on observe dans la teinture par l'emploi de l'alizarine artificielle.

Pour soutenir la concurrence, les producteurs de garance devront, d'une part, chercher à augmenter la quantité de matière colorante dans la racine, et de l'autre, chercher à l'extraire aussi pure que possible par des moyens peu coûteux, afin qu'elle puisse être utilisée aussi complètement que possible; car jusqu'à présent, les divers extraits de garance n'ont pas donné les résultats qu'on avait espéré: les opinions des teinturiers sont très diverses à cet égard, et plusieurs leur préfèrent la garance.

Si l'industrie de la garance peut encore lutter contre l'alizarine artificielle, cela est dû surtout à la difficulté qu'éprouvent les fabricants à se procurer de l'anthracène et au prix élevé de l'anthracène pure.

En terminant, M. Marquisan rappelle les synthèses opérées par M. Berthelot, et les travaux résumés récemment par M. Rosenthal, qui rattachent la série anthracénique à la série benzoïque, et comment on a pu transformer la naphthaline, cette matière si abondante dans le goudron de houille, en acide phtalique et celui-ci en acide benzoïque; et ce dernier produit pouvant donner de l'antraquinone. La voie reste donc encore ouverte aux recherches des chimistes.

M. VILLOT rend compte d'un premier essai auquel il a assisté, d'une machine d'épuisement à cylindres Compound, construite par MM. Stapfer de Duclos et C^e, pour les Charbonnages des Bouches-du-Rhône, sur les indications de M. Biver, administrateur-directeur de cette Compagnie.

Les machines de Cornouailles, longtemps considérées comme le meilleur type de machines d'épuisement, sont très lourdes et coûteuses d'établissement, puisqu'elles ne fonctionnent qu'à 8 ou 10 coups par minute avec une vitesse linéaire maxima de 80 à 90 centimètres par seconde.

Elles sont très encombrantes, puisque placées à l'embouchure d'un puits, elles l'occupent en très-grande partie. Enfin, elles se prêtent

difficilement à une bonne utilisation de la vapeur, parce qu'on ne peut y obtenir la détente que par l'inertie des pièces en mouvement.

En Angleterre, comme en France, on a cherché, depuis quelques années, à leur substituer des machines élévatoires ou foulantes placées dans les étages inférieurs de la mine et alimentées par des chaudières placées au jour; mais on s'est contenté le plus souvent de machines très primitives, marchant sans détente et sans condensation.

M. BIVER, le premier a supprimé le conduit d'échappement de ses machines intérieures en condensant la vapeur dans un éjecteur mais avec un vide à peu près insignifiant.

Après avoir constaté les excellents résultats économiques des machines Compound employées sur les bateaux et sur les chaloupes à vapeur, même avec des vitesses de 200 tours à la minute, il a demandé à M. STAPFER de lui étudier un type de machine analogue avec pompes à air et condenseur dans lequel les tiges des pistons à vapeur seraient attelées directement sur les pistons des deux pompes à double effet.

La machine essayée aux bassins de Radoub se compose en effet de deux cylindres verticaux destinés à développer à 100 tours une force de 75 à 80 chevaux; l'un reçoit la vapeur à 3 atmosphères effectives pendant les 7/10 de sa course; échappe dans un réservoir annulaire d'où la vapeur, ramenée à une pression voisine de l'atmosphère, vient se détendre dans un cylindre 4 fois plus grand réglé lui-même à 7/10 d'introduction et dont le point mort correspond à la mi-course du premier piston.

En dessous se trouvent les glissières formant bâti et un socle qui contient à la fois les deux pompes foulantes à double effet, le condenseur à injection et les deux pompes à air.

Les tiges des pistons des cylindres et des pompes sont reliées par des patins évidés en forme de coulisses pour conduire les boutons de deux manivelles calées à angle droit; et munis en arrière des glissières de douilles qui mènent les pompes à air verticales à simple effet.

La grande vitesse de la machine a permis de réduire considérablement la dimension des pompes et des clapets; et la disposition des jets croisés réunis par des conduits bien raccordés annule presque complètement les coups de bélier.

M. VILLOT a observé des vitesses de 114 à 126 tours par minute avec une pression à la boîte à tiroirs de 3 atmosphères effectives, un vide au condenseur de 65 centimètres de mercure et une pression de 7 at.

1/2 effectives dans la chaudière où se faisait le refoulement de l'eau et où la pression était obtenue en étranglant l'orifice d'écoulement.

D'ici à peu de temps la machine sera installée dans la mine et sera soumise à des essais plus exacts et plus prolongés.

M. CROULLEBOIS expose comment à son arrivée à Marseille son attention a été attirée par M. CARL, chimiste, sur les méthodes optiques d'analyse des huiles; après avoir reconnu l'impossibilité de leur appliquer le système de GLADSTONE il a cherché dans le principe des interférences le fondement d'un appareil qu'il nomme l'*oléoscope*, et dont il donne la description.

Cet appareil repose en principe sur l'expérience d'Arago : « le déplacement des franges d'interférence. »

Il se compose :

1° De deux tubes égaux en longueur, fermés, juxtaposés; contre les extrémités rodées, on a appliqué des glaces parallèles bien pures. L'un des tubes contient l'huile type, et l'autre, l'huile fraudée;

2° De l'appareil producteur des franges, formé par deux demi-lentilles;

3° D'un compensateur avec graduation, permettant de mesurer l'étendue des déplacements des franges d'interférences.

Le compensateur est construit de la manière suivante : on taille un long prisme sous un angle très aigu, on en coupe un morceau à l'extrémité et on l'applique en le retournant sur la partie principale; on forme aussi une lame à faces parallèles, dont l'épaisseur peut varier entre deux certaines limites. Le petit prisme est mastiqué dans une petite ouverture dont il couvre juste la moitié. Le grand prisme peut glisser le long du premier et réaliser ainsi avec continuité la totalité des épaisseurs comprises entre les deux limites extrêmes.

Pour réaliser l'épaisseur 0, on oppose à ces deux verres sur l'autre moitié de l'ouverture circulaire, un verre à faces parallèles, dont l'épaisseur équivaut à celle du système de prismes pour un certain état de recouvrement.

Le compensateur est gradué préalablement;

4° Une loupe qui grossit le phénomène.

Ayant mesuré avec l'oléoscope l'étendue des déplacements, les franges d'interférence produits par la différence des indices de réfraction de l'huile type et de l'huile fraudée, on pourra ensuite, à l'aide des

formules développées par M. Croullebois, déterminer la quantité d'huile de fraude qui aura été ajoutée à l'huile pure.

La Société a reçu membres fondateurs :

MM. BACKER (DE) Hector, ingénieur des Tramways.

GAVOT, F.-T., notaire.

GUÉRARD, Adolphe, *, ingénieur des Ponts-et-Chaussées.

DUSSARD, Alfred, ingénieur civil.

SAVOURNIN, Alfred, négociant.

Ouvrages reçus pendant le 1^{er} trimestre 1875 (Échanges)

De l'Association Scientifique de France :

Les n^{os} 374 à 386 de son Bulletin ;

de la Société Industrielle d'Amiens ;

Ses Bulletins de septembre et novembre 1874 ;

de la Société d'Horticulture de Marseille :

Ses Bulletins de janvier et février 1875 ;

de la Société d'Agriculture de Marseille :

Ses Bulletins d'octobre, novembre et décembre 1874 ;

de l'Association des anciens élèves de l'École Centrale :

Ses Bulletins de janvier, février et mars 1875 ;

de la Société des Ingénieurs civils de Paris :

Ses Comptes-Rendus de janvier à mars 1875 et ses Mémoires de juillet, août et septembre 1874 ;

de la Société de Géographie de Paris :

Ses Bulletins de novembre 1874 à février 1875 ;

de la Société des Sciences Industrielles de Lyon :

Le n^o 5 de ses Annales ;

de la Société des anciens élèves des Ecoles d'Arts-et-Métiers :

Ses Bulletins de novembre et décembre 1874 et son Annuaire de 1875 ;

- de l'Union des Charbonnages de Liège :
Ses Bulletins de décembre 1874 à février 1875 ;
 - de la Société Industrielle de Mulhouse :
Ses Comptes-Rendus de janvier, février et mars 1875 et ses
Bulletins d'octobre 1874 à janvier 1875 ;
 - des Annales Industrielles :
Ses livraisons du 1^{er} trimestre 1875 ;
 - de la Revue Industrielle :
Ses numéros de janvier à mars 1875 ;
 - de la Société Vaudoise des Sciences naturelles de Lausanne (Suisse) :
Ses Bulletins de 1873 et 1874 ;
 - de la Société des lettres, sciences et arts de Hainaut :
Ses Mémoires de 1874 ;
 - de l'Économiste Français :
Ses numéros de janvier à mars 1875 ;
 - de la Revue Maritime et Coloniale :
Ses numéros de janvier, février et mars 1875 ;
 - de la Société de Ingénieurs civils de Londres :
Ses Bulletins de 1874-75 (1^{re} partie) ;
 - de la Société centrale des Architectes de Paris :
Son Bulletin de décembre 1874 et son Annuaire de 1875 ;
 - de la Société française de photographie :
Ses Bulletins de janvier, février et mars 1875 ;
 - de la Revue Universelle des Mines, de Ch. Cuyper :
Son numéro de décembre 1874 ;
 - des Annales du Génie civil :
Ses numéros de janvier à mars 1875 ;
 - de la Société Industrielle du nord de la France :
Ses Comptes-Rendus de janvier, février et mars 1875 ;
 - de la Société Industrielle de Rouen :
Ses Bulletins d'octobre à décembre 1874 ;
 - du Musée de l'Industrie de Belgique (à Bruxelles) :
Ses Bulletins de décembre 1874 à mars 1875 ;
 - de la Société des Lettres, Sciences et Arts de l'Aveyron :
Son Bulletin n° 9.
-

La Société a reçu pendant le trimestre :

de M. CANTONI, G., professeur à Milan :

Relazione sulla industria del lino ;
Sunto de nuovi principi di fisiologia vegetale ;
Sperienze agronomiche sui cereali eseguite nella stazione agraria
di Milano ;

de M. JULLIEN Alfred :

Tables portatives de logarithmes contenant les logarithmes depuis
1 jusqu'à 108,000, par F. Callet ;

de M. MARTEL, Henri :

Traité théorique et pratique de l'art de bâtir, par Jean Rondelet,
7 volumes et 2 atlas ;
Cours de routes, par Mary, texte et planches ;

du Comité des Intérêts Internationaux :

Deux cartes générales des chemins de fer Français par départements
avec le tracé approximatif de la ligne Calais-Marseille, par
A. Clavier ;
Quatre numéros de l'Avenir de Marseille et de Provence ;

de M. le général LEWAL :

La Réforme de l'Armée ;
Etudes de guerre, 2 volumes ;

de M. Benjamin RAMPAL :

Cours d'économie politique à l'usage des ouvriers et des artisans,
2 volumes ;

de M. Jules RICHAUD :

Travaux de bâtiments. — Traité des entreprises particulières ;

de la Société des Ingénieurs civils de Paris :

Notice sur Eugène Flachat, par Léon Malo ;

de M. le Docteur MIREUR :

Neuf bulletins de l'Association Française pour l'avancement des
sciences ;

de M. CROULLEBOIS :

Discours de réception prononcé à l'Académie des Sciences, Lettres et Arts de Marseille, dans sa séance du 21 février 1875 ;

de M. CHEVRET :

Dix numéros de la Métallurgie.

Liste des membres reçus pendant le 1^{er} trimestre 1875.

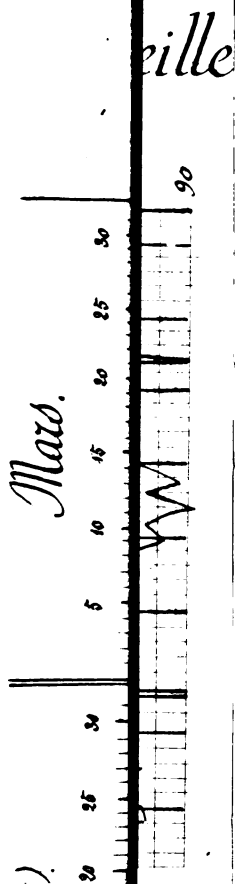
Fondateurs : MM. CHEVRET, M., plombier.

- » CHALMETON, agent commercial des Mines de Bes-sèges.
- » SEREN, M.-F.-L., *, courtier de commerce.
- » PARET, Louis, sous-directeur des Raffineries de Saint-Louis.
- » THIÈBLEMONT, Octave, sous-ingénieur des Hauts-Fourneaux de Saint-Louis.
- » BACKER (DE), Hector, ingénieur des Tramways.
- » GAVOT, F.-T., notaire.
- » GUÉRARD, Adolphe, *, ingénieur des Ponts-et-Chaussées.
- » DUSSARD, Alfred, ingénieur civil.
- » SAVOURNIN, Alfred, négociant.

Associé : M. CHAMBAUD, directeur de la Raffinerie de Bourdon, à Aulnat (Puy-de-Dôme).

L'un des Secrétaires, gérant :

F. ROUFFIO.



LISTE

DES

DONATEURS QUI ONT SOUSCRIT EN 1875

Les CHARBONNAGES DES BOUCHES-DU-RHÔNE.	F. 200
Le CRÉDIT AGRICOLE	150
Les DOCKS ET ENTREPÔTS DE MARSEILLE.	100
Les MESSAGERIES MARITIMES	100
La SOCIÉTÉ DES FORGES ET CHANTIERS	100
Les TRANSPORTS MARITIMES,	100
LES MINES DE GRAND-COMBE.	100
La SOCIÉTÉ DU GAZ ET HAUTS-FOURNEAUX	100
La SOCIÉTÉ GÉNÉRALE.	100
Le CERCLE DES PHOCÉENS	100
MM. STAPFER DE DUCLOS ET C ^e	100
MM. N. PAQUET ET C ^e	100
MM. MICHEL ARMAND ET C ^e	100
MM. CYPRIEN FABRE ET C ^e	100
M. PUY MICHEL.	100
M. JULES-CH. ROUX FILS.	100
La COMPAGNIE DE NAVIGATION MIXTE	100
La CHAMBRE DE COMMERCE.	100

L'ANTHRACÈNE

ET L'ALIZARINE ARTIFICIELLE

d'après des publications récentes

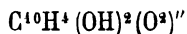
Par M. H. MARQUISAN

Ingenieur, Secrétaire de la Direction du Gaz et des Hauts-Fourneaux.

DEUXIÈME PARTIE.

Dans une conférence précédente nous avons décrit d'une façon générale l'analogie étroite de constitution et de propriétés qui existe entre la benzine, la naphthaline et l'anthracène ; la benzine formée par un anneau benzénique, la naphthaline par deux, l'anthracène par trois.

En vous parlant des quinones, produit d'oxydation caractéristique de cette série, nous avons dit que la naphthazarine de Roussin était la bioxynaphthoquinone



et l'alizarine, la bioxyanthraquinone



puis nous avons fait l'histoire de l'anthracène, décrit sa fabrication et ses propriétés.

Aujourd'hui nous passerons rapidement en revue les principaux dérivés du carbure qui ont servi d'intermédiaire entre celui-ci et le corps qui nous intéresse plus spécialement, l'alizarine.

Tandis que l'étude des composés benzéniques et naphthaliques peut être considérée comme complète, surtout au point de vue théorique,

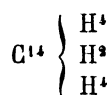
celle de l'anthracène laisse encore un champ très vaste ouvert aux recherches des chimistes.

Les dérivés déjà connus sont très nombreux et chaque jour on en produit de nouveaux. On a pu rattacher à la série anthracénique diverses substances tinctoriales extraites jusqu'ici directement du règne végétal et les préparer artificiellement : comme l'acide chrysophanique, isomère de l'alizarine, l'acide chrysammique qu'on retire des aloës, comme l'acide ruffigallique dont la formule est celle de l'alizarine elle-même plus quatre atomes d'oxygène, sans que la transformation ait encore pu être opérée. En appliquant à ces corps la méthode générale de réduction par l'oxyde de zinc, on a obtenu l'anthracène comme principe carburé, et l'on a ainsi fixé leur formule en démontrant qu'ils contenaient les 14 atomes de carbone caractéristiques de l'anthracène.

Si l'on traite le carbure par les divers réactifs, chlore, brome, etc., si l'on y introduit les radicaux HO, SO³H, etc., les radicaux alcooliques CH³, C²H⁵, etc., on conçoit sans peine la liste indéfinie des dérivés que l'on peut dresser, sans compter les cas d'isomérisie si nombreux que Grœbe en a trouvé seize pour un seul corps, la dinitroanthraquinone C¹⁴H⁶(O)²''(AzO²)². L'alizarine elle-même n'a pas moins de cinq isomères.

Chacun des dérivés immédiats peut à son tour engendrer des composés plus compliqués.

Ecrivons la formule de l'anthracène de cette manière



qui permet de réunir ensemble et de partager en autant de groupes qu'il y a d'anneaux les atomes qui appartiennent à une seule et même chaîne.

Opérons avec l'hydrogène, le chlore, le brome, nous aurons de nouveaux corps, soit par addition, soit par substitution, puisque l'anthracène comme la benzine n'est pas un carbure saturé.

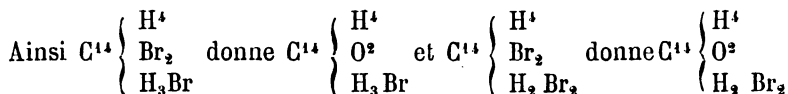
Ainsi, avec l'hydrogène, par l'amalgame de sodium ou par la méthode de Berthelot (hydrogénation au moyen de l'acide iodhydrique), on a, par addition, le dihydrure C¹⁴H¹⁰H² et l'hexahydride C¹⁴H¹⁰H⁶ correspondant aux carbures saturés CⁿHⁿ⁺², ces deux hydrures se dédoublant au rouge.

Avec le chlore, le brome, suivant les diverses conditions, on aura des composés très variés par addition ou par substitution de 1, 2, 3, 4 atomes de chlore ou de brome à 1, 2, 3, 4 atomes d'hydrogène.

Des considérations dues à Grœbe et Liebermann, considérations hypothétiques sans doute, mais très ingénieuses et qui empruntent une très grande force tant aux réactions connues opérées sur les divers dérivés de l'anthracène qu'aux réactions correspondantes de la benzine et de la naphthaline, ont amené ces chimistes à déterminer dans les trois groupes benzéniques quels étaient, parmi les atomes d'hydrogène, ceux qui se laissent plus facilement remplacer par les atomes des corps en présence. Ainsi les deux atomes du milieu ont des propriétés particulières. Ce sont eux qui dans l'oxydation cèdent la place au groupe $(O^2)''$ pour donner l'anthraquinone dont l'alizarine n'est elle-même qu'un dérivé par la substitution de $2OH$ à $2H$ (1).

Ces atomes d'hydrogène remplacés par Br_2 donnent le bibromanthracène qui, par oxydation, fournit de l'anthraquinone en changeant $2Br$ contre $(O^2)''$.

Dans les autres composés bromés, le brome entre dans un des groupes extrêmes, et l'oxydation s'exerçant sur le groupe du milieu d'oxygène quinonique donne de l'anthraquinone plus ou moins bromée.



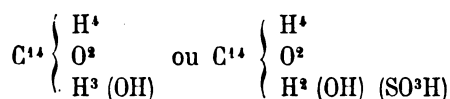
L'action de l'acide sulfurique fournit deux acides sulfanthracéniques, par introduction de une ou deux fois le radical SO^3H dans le groupe extrême.

Le tableau ci-contre montre les principaux composés ainsi formés avec Cl , Br , etc.

De la même façon, l'acide sulfurique avec l'anthraquinone produit les acides monosulfanthraquinoniques et bisulfanthraquinoniques, ces deux acides pouvant s'obtenir également par oxydation des acides sulfoconjugués de l'anthracène.

(1) Ainsi, dit Auerbach, s'explique la stabilité de l'anthraquinone plus grande que celle de la quinone et de la naphthaquinone; dans l'anthraquinone, le groupe $(O^2)''$ est plus entouré de carbone et par ce fait soustrait davantage aux actions des corps mis en présence.

Si dans les dérivés quinoniques, on met à la place de Br ou de SO^3H dans le groupe extrême 1 hydroxyle OH, on a la monoxyanthraquinone. Si on met 2 OH on a l'alizarine, à moins que la transformation ne s'opère qu'incomplètement ; on a alors :



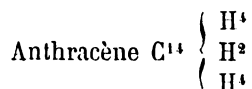
L'action de l'acide azotique est plus compliquée. Il se forme des produits nitreux de substitution :

Mononitroanthracène $\text{C}^{14}\text{H}^9 (\text{AzO}^2)$

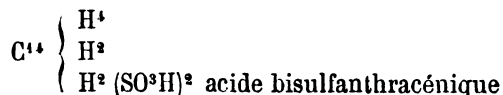
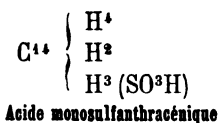
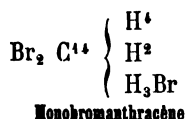
Binitroanthracène $\text{C}^{14}\text{H}^8 (\text{AzO}^2)^2$

On n'a pu encore les obtenir à l'état de pureté (1), le carbure s'oxydant très facilement pour donner l'antraquinone.

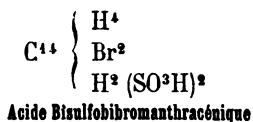
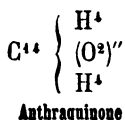
DÉRIVÉS DE L'ANTHRACÈNE.



Par substitution dans un des groupes extrêmes

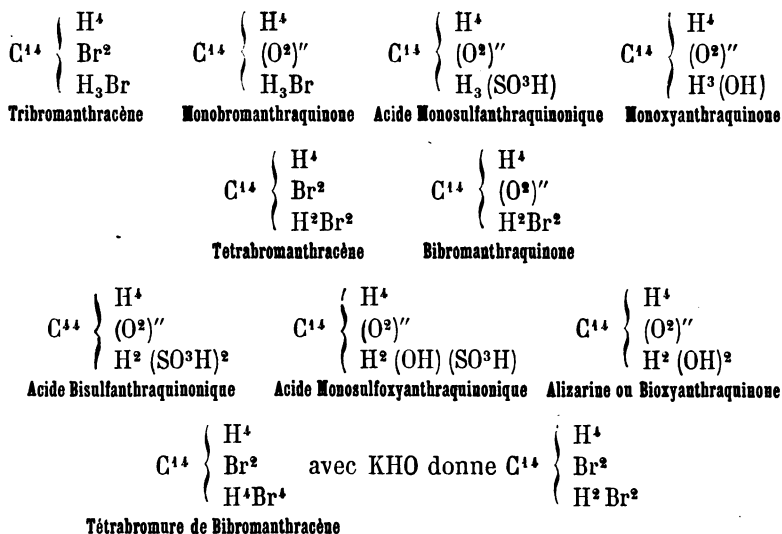


Par substitution dans le groupe moyen



(1) Le Mononitroanthracène, décrit par Bolley et Tuchsmid, est une combinaison de dinitroantraquinone et de chrysène, Ernest Schmidt (*Journal für Praktisch Chemie*). *Bulletin de la Société Chimique de Paris*.

Par substitution dans le groupe moyen et dans un groupe extrême



Le meilleur procédé pour obtenir l'antraquinone à l'état pur consiste à traiter l'anthracène dissous dans l'acide acétique cristallisable bouillant par l'acide chromique. Dans l'industrie, on remplace ce dernier corps par le bichromate de potasse avec ou sans acide sulfurique. On mélange deux parties de ce sel avec une partie d'anthracène, on chauffe au bain marie jusqu'à ce que la dissolution soit vert foncé. On étend avec de l'eau, on distille la masse séparée bien lavée et desséchée. Il s'opère une sublimation.

On a indiqué d'autres méthodes basées sur l'emploi de l'acide azotique, mais il se forme alors des produits secondaires résineux, des produits nitreux de substitution, et la séparation de ces corps devient difficile.

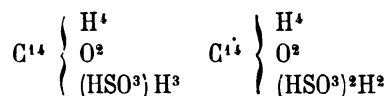
Suivant la méthode employée pour sa préparation, l'antraquinone se présente en cristaux plus ou moins blancs, et dont la couleur varie du jaune blanc au jaune rougeâtre. Elle fond à 273°. La propriété remarquable de ce corps est sa résistance aux agents d'oxydation. Il se dissout sans être attaqué dans l'acide azotique bouillant, d'un poids spécifique de 1,4 et se reprécipite par refroidissement.

Par une attaque prolongée, dans certaines conditions particulières il se formera de la dinitroanthraquinone $\text{C}^{14}\text{H}^6(\text{AzO}^2)(\text{O}^2)$ ou réactif de Fritzsche, qui sert à différencier certains carbures avec lesquels elle donne des composés cristallins caractéristiques.

En traitant la binitroanthraquinone par des corps réducteurs, stannite de soude, sulfhydrate d'ammoniaque, sulfure de sodium, Böttger a retiré une matière colorante désignée sous le nom d'orange d'anthracène et qui est la diamidoanthraquinone $C^{14}H^6(AzH^2)O^2$ (AzH^2) s'étant substitué à (AzO^2). Diverses réactions colorées ont encore été observées en soumettant à divers traitements et la diamidoanthraquinone et la dinitroanthraquinone (1).

Ces études sont encore incomplètes, mais, si jusqu'ici l'alizarine a été la seule matière colorante utile tirée de l'anthracène, il en est d'autres dont on trouvera sans doute l'application, de même que la benzine et la naphthaline, carbures bien moins compliqués dans leurs formules, ont déjà engendré une infinité de couleurs.

L'acide sulfurique dissout même à froid l'anthraquinone avec une coloration jaune rougeâtre qui passe, si l'on chauffe, au rouge foncé. Par addition d'eau, la majeure partie de l'anthraquinone se précipite inaltérée. Si on chauffe fortement, on a, comme nous l'avons vu, les acides sulfoconjugués de l'anthraquinone.



L'anthraquinone est insoluble dans les lessives alcalines. En chauffant à 250° avec la potasse en solution alcoolique, on arrive à avoir, d'après Wartha, de l'alizarine.

Avec le chlore et le brome, l'anthraquinone donne des produits de substitution qui ont joué un certain rôle dans l'histoire des brevets pris pour la fabrication de l'alizarine. Tous ces brevets reposent sur des réactions ayant pour base le jeu des substitutions opérées dans les composés qui figurent au tableau précédent (page 77).

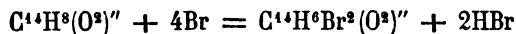
C'est en février 1869 que Grøbe et Liebermann montrèrent à la Société chimique de Berlin des cristaux d'alizarine sublimée sans indiquer encore le procédé. Cependant la patente Anglaise est du 18 novembre et le brevet français du 14 novembre 1868. En voici une description rapide.

a — L'anthracène purifié est transformé en anthraquinone par oxydation au moyen de deux parties de bichromate de potasse et d'acide sulfurique avec ou sans le concours de l'acide acétique concentré.

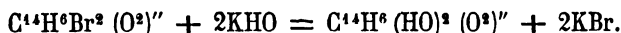
(1) On a eu ainsi un bleu magnifique qui coûterait 30,600 fr. le kilogramme!

- b* — L'anthracène est oxydé à l'aide du bichromate de potasse, les deux corps étant dissous dans l'acide acétique cristallisable.
- c* — L'anthracène est oxydé à l'aide de l'acide azotique de concentration moyenne, avec le concours de l'acide acétique concentré.

L'antraquinone ainsi obtenue est purifiée et ensuite convertie en bibromanthraquinone en chauffant pendant quelques heures de 80° à 130° dans des vases fermés une molécule d'antraquinone avec quatre molécules de brome.

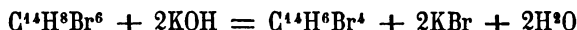


Il s'agit maintenant de substituer aux deux molécules de brome 2 (OH). Pour cela, on chauffe en vase clos, entre 180° et 260°, la bibromanthraquinone avec une solution concentrée d'hydrate de potasse ou de soude.

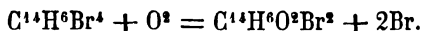


Au lieu de préparer l'antraquinone, on peut directement préparer la bibromanthraquinone par oxydation d'un composé bromé de l'anthracène.

On traite le carbure par un excès de brome, il se forme du tétrabromure de bibromanthracène qui, avec un excès de potasse, donne le tétrabromure jaune $C^{14}H^6Br^4$



ce dernier chauffé à 100° avec cinq fois son poids d'acide azotique un peu concentré perd son brome et se change en bibromanthraquinone qu'on traite comme plus haut par KHO



Le mélange de bibromanthraquinone et d'hydrate alcalin prend peu à peu une teinte d'abord bleue puis violet-bleu qui devient de plus en plus intense. Lorsque la coloration n'augmente plus, on laisse refroidir, on dissout la masse dans l'eau, on filtre, et l'on sursature par l'acide sulfurique ou chlorhydrique; l'alizarine se précipite alors en flocons jaunes qu'on purifie par lavage à l'eau.

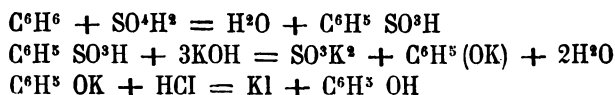
— En même temps, Grœbe et Liebermann indiquaient le chlore comme pouvant remplacer le brome. Pourtant Kopp qui a essayé les deux réactifs dit en 1869 ne pas avoir si bien réussi avec le chlore.

L'idée de substituer au brome, réactif coûteux et incommode, l'acide sulfurique et de passer pour arriver à l'alizarine par les composés

sulfoconjugués de l'antraquinone au lieu des composés bromés est brevetée pour la première fois par Brönnner et Gutzkow (brevet français du 29 Mai 1869). La réaction d'ailleurs incomplète et obscure passait sous silence une opération essentielle : la fusion de l'acide bisulfanthraquinonique avec la potasse. Le 25 juin, Græbe, Liebermann et Caro prennent une patente anglaise dans le même but, précédant d'un jour Perkin qui, paraît-il, avait étudié avant eux l'action de l'acide sulfurique sur l'anthracène.

Ce perfectionnement capital et sans lequel la préparation industrielle de l'alizarine eût été impossible n'est pas autre chose que la mise en pratique d'un procédé général de préparation des phénols, procédé connu depuis quelques années et qui fut découvert en même temps par Dussart, Wurtz et Kékulé. Comme on l'a vu, l'alizarine par sa constitution tient des quinones, mais est également un phénol diatomique puisqu'elle contient deux fois le radical (OH), par conséquent toute méthode commune de préparation des phénols et des quinones pourra lui être appliquée avec plus ou moins de succès.

Pour avoir le phénol ordinaire ou acide phénique, il suffit de traiter la benzine par l'acide sulfurique, puis l'acide sulfoconjugué par la potasse ; on a du phénate de potasse, en même temps qu'il se forme du sulfite de potasse. On précipite par un acide et le phénol est mis à l'état de liberté.



La préparation de l'alizarine s'appuie sur une réaction toute semblable avec les complications résultant de la nature quinonique du composé. C'est ce qui faisait dire à M. Charles Lauth, annonçant, en mars 1869, dans le *Bulletin de la Société chimique de Paris*, la prise des premiers brevets, avant qu'il ne fût question de l'emploi de l'acide sulfurique : « Tout phénol résultant de l'action de la potasse sur l'acide sulfanthracénique sera ou l'alizarine elle-même ou un phénol qui, sous l'influence d'agents d'oxydation, engendrera l'alizarine. »

C'est trois mois après que Græbe, Liebermann et Caro prenaient leur brevet pour la fabrication de l'alizarine par préparation de l'acide bisulfanthraquinonique. En voici le résumé :

On mélange une partie d'antraquinone avec trois parties d'acide sulfurique de 1,848 de densité. On chauffe à 260° jusqu'à attaque com-

plète, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'une épreuve versée dans l'eau s'y dissolve complètement.

On laisse refroidir, on ajoute de l'eau, on sature par de la craie, on sépare par filtration à la presse le sulfate de chaux; le bisulfanthraquinonate de chaux reste dans la dissolution, surtout si elle est bouillante. On mélange alors avec une solution également bouillante de carbonate de soude ou de potasse; la réaction doit se faire à l'ébullition. Le carbonate de chaux se dépose, on décante et l'on filtre, puis on évapore la dissolution à siccité.

Pour trois parties du sel sec on ajoute deux à trois parties d'hydrate alcalin et un peu d'eau et l'on chauffe le mélange dans un vase de fer ou de cuivre entre 180° et 260°. Quand la masse est violet-foncé ou bleue et que l'échantillon dissous dans l'eau donne avec un acide un abondant précipité jaune-brun, on arrête; le sel d'alizarine est formé. On laisse refroidir et l'on dissout la masse dans l'eau bouillante. On sature la liqueur par un acide et l'alizarine se précipite en flocons jaunes; on les lave à l'eau froide sur un filtre.

Grøbe, Liebermam et Caro simplifièrent leur procédé dans leur patente anglaise et dans les brevets français du 3 novembre et du 19 janvier 1870. Pour éviter la fabrication de l'anthraquinone, on attaque le carbure par l'acide sulfurique et l'on transforme les acides sulfanthracéniques en acides sulfanthraquinoniques. L'oxydation faite de cette façon est plus rapide et plus complète que la conversion de l'anthracène en anthraquinone et l'on peut employer des réactifs moins coûteux.

On mélange dans un vase approprié (et la fonte émaillée convient parfaitement pour cette opération) 1 partie d'anthracène avec quatre parties d'acide sulfurique concentré; l'on chauffe d'abord à 100° pendant environ trois heures, on élève ensuite la température à 150° et même au-dessus au moins pendant une heure. On étend la masse refroidie avec trois fois son poids d'eau. Si l'on a bien opéré, on a une dissolution foncée contenant l'acide bisulfanthracénique $C^{14}H_8 \begin{Bmatrix} So^3H \\ So^3H \end{Bmatrix}$ et beaucoup d'acide sulfurique libre. Si on n'a pas attaqué tout l'anthracène, il se dépose; il faut filtrer pour le séparer et le faire sécher en vue d'une autre opération. L'eau de lavage sert pour étendre l'acide sulfanthracénique libre. On fait bouillir la dissolution et on ajoute un poids de peroxyde de manganèse égal à trois ou quatre fois environ celui de l'anthracène employé.

Il se forme et de l'acide bisulfanthraquinonique et du sulfate de drotoxyde de manganèse. On évapore de manière à ne pas altérer le

produit par une trop forte concentration de l'acide libre, on dissout la masse dans l'eau bouillante et on précipite l'acide sulfurique par un lait de chaux. On filtre et on presse pour séparer le sulfate de chaux et le bioxyde de manganèse formé. La solution claire de bisulfanthraquinonate de chaux est traitée par un carbonate de potasse ou de soude ; et, comme précédemment, on fond le sel avec un hydrate alcalin pour le transformer en alizarine.

Un procédé plus récent et plus simple encore a été pris en Angleterre par Dale et Schorlemmer le 24 janvier 1870. On fait bouillir une p. d'anthracène avec 4 ou 10 p. d'acide sulfurique concentré, on étend avec de l'eau, et on ajoute un carbonate alcalin ou terreux ; on sépare les sulfates formés soit par cristallisation, soit par filtration.

A la solution des bisulfanthracénates formés on ajoute de la potasse ou de la soude caustique et un poids de chlorate de potasse égal au poids de l'anthracène employé.

On évapore le tout à sec et l'on chauffe entre 180° et 260° jusqu'à l'apparition d'une couleur violet-bleu.

On voit que dans ce procédé les diverses opérations s'effectuent du même coup.

De toutes ces méthodes les fabricants suivent de préférence aujourd'hui celle décrite dans le brevet de Græbe, Liebermann et Caro en date du 25 juin 1869 et basée sur la préparation préalable de l'anthraquinone (1).

L'anthracène est traité avec le bichromate de potasse et l'acide sulfurique ; quelques fabricants se servent aussi de l'acide nitrique, surtout vers la fin de l'opération.

On mélange intimement dans des vases doublés en plomb et chauffés à la vapeur :

1 partie d'anthracène ;

2 parties 1/2 de bichromate de potasse pulvérisé.

On y ajoute : 4 parties de vinaigre de bois.

On chauffe ce mélange quelque temps et l'on y verse graduellement :

6 parties d'acide sulfurique étendu de deux fois son volume d'eau.

M. Niewhaus de Zürich emploie avec succès le procédé suivant :

100 parties d'anthracène ;

25 parties de bichromate de potasse pulvérisé qu'il mélange bien ; puis il ajoute :

(1) Extrait du *Chemical-News*, t. xxx, n° 771, publié par le *Moniteur Scientifique*, Décembre 1874.

12 parties d'acide nitrique d'une densité de 1.05.

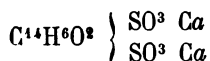
La masse obtenue est molle; mise en contact pendant quelques instants avec de l'acide nitrique, elle devient granuleuse, comme l'antraquinone produite par la méthode ordinaire.

Pour purifier l'antraquinone préparée avec l'antracène du commerce, on la dissout dans des vases en fonte avec l'acide sulfurique à une température de 70° centigrades et on laisse les deux corps en contact jusqu'à ce que tout dégagement d'acide sulfureux ait cessé. On précipite par l'eau, on lave le précipité, on presse et on sèche à 56°. Le produit obtenu est une poudre gris-verdâtre.

Pour transformer l'antraquinone en alizarine, on en dissout dans des vases en fonte 1 partie dans 4 ou 5 parties d'acide sulfurique fumant et l'on chauffe le mélange entre 270° et 290° en opérant rapidement pour éviter une trop grande production d'acide phthalique. L'opération faite en grand s'accomplit en deux heures. On recueille l'antraquinone qui se sublime en abondance dans une chambre en bois communiquant par des tuyaux avec ces vases.

L'addition de 1 à 2 0/0 d'acide nitrique empêcherait, dit-on, la sublimation de l'antraquinone.

Le produit final refroidi a la forme d'une masse solide, noire, ressemblant au brai. On l'épuise par une grande quantité d'eau bouillante; le liquide filtré devient légèrement jaunâtre. On sature par de la craie. Le sulfate de chaux se précipite et l'on a le sel de chaux disulfurique soluble.

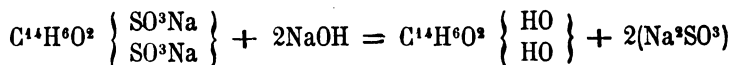


On filtre la solution de couleur brun rougeâtre, on la décompose à une douce chaleur par le carbonate de soude et l'on sépare la liqueur du carbonate de chaux précipité par siphonnement. Elle présente alors la couleur d'une décoction de bois du Brésil. On évapore à 20° Baumé et on laisse refroidir. Le dépôt donne une alizarine de nuance bleue (Alizarin mit Blaustich) et le liquide une alizarine de nuance jaune (alizarin mit gelbstich).

Les fabricants prétendent que la première est due au sel bisulfurique, la dernière au sel monosulfurique, mais il est plus probable que la teinte jaune est due à une matière colorante distincte (1).

(1) Cette matière est l'isopurpurine découverte par Auerbach dans le produit produit par Gessert frères d'Elberfeld, sous le nom d'Alizarine à reflet jaune. Elle donne à la teinture ou à l'impression des nuances semblables à celles produites par

Pour convertir le sulfosel en alizarine, on le concentre, et alors commence l'importante opération de la fusion avec l'hydrate de soude. La réaction est la suivante :



On opère dans des vases en fonte placés dans des bains d'huile et munis d'agitateurs en forme de socs de charrues. On chauffe entre 170° et 200°. On ajoute graduellement l'hydrate de soude solide. Si on dépasse la température, on décompose une partie du sel bisulfurique qui régénère l'antraquinone et même l'anthracène. Ces substances se déposent sur la partie inférieure du couvercle.

La durée de l'opération est, paraît-il, toujours de plusieurs journées; elle varie, d'ailleurs, suivant les quantités des matières employées et suivant diverses conditions.

Quand la couleur bleue de la masse en fusion passe au violet, on en prélève de temps en temps un échantillon qu'on dissout dans l'eau. On juge que l'opération approche de sa fin, lorsqu'en ajoutant quelques gouttes d'acide l'alizarine se précipite en flocons. Quand, avec des prises d'échantillons répétées à des intervalles très-courts, on pense que tout est terminé, on dissout le contenu dans l'eau. On reçoit le liquide dans des réservoirs en bois, et l'on précipite l'alizarine par l'acide sulfurique ou chlorydrique.

PURIFICATION. — Il est nécessaire de soumettre à une nouvelle purification l'alizarine ainsi précipitée par les acides de la masse fondue et contenant divers corps étrangers : sels alcalins solubles, acide sulfoxyantraquinonique, oxyantraquinone, un peu d'antraquinone. On dissout la matière brute dans une lessive de soude exempte d'alumine, pour éviter la formation d'une laque d'alizarine peu soluble dans les alcalis et difficilement décomposée, surtout à froid, par les acides étendus. On laisse reposer, on décante, on filtre et on précipite l'alizarine par un petit excès d'acide sulfurique étendu.

On obtient un produit plus pur en se servant de la propriété de l'alizarine de s'unir à certaines bases métalliques et à la chaux spécia-

la purpurine naturelle de la garance. Le reflet jaunâtre fait virer les couleurs à l'écarlate.

Elle possède la même formule $\text{C}^{14}\text{H}^6\text{O}^2$ que la purpurine, mais elle en diffère par un assez grand nombre de réactions.

lement pour donner une laque insoluble. On mélange la solution claire d'alizarate de soude avec du chlorure de calcium ; le composé calcique se précipite. On filtre, on lave à l'eau chaude afin d'enlever l'oxyanthraquinonate de chaux plus soluble et on décompose par l'acide chlorydrique étendu. Il se forme de chlorure de calcium, et l'alizarine plus soluble est mise en liberté. On filtre et on lave le dépôt qu'on met à l'état de pâte dans des tambours de cuivre fermés mobiles autour de leur axe et renfermant des billes de pierre. L'effet des secousses fait perdre à la masse son apparence pâteuse, elle devient fluide, et l'alizarine qui y est finement divisée perd toute tendance à se déposer.

On évite ainsi en partie un inconvénient qui se présente pour des pâtes d'alizarine parfaitement homogènes et renfermant 10 0/0 environ de produit colorant. Si on les conserve quelque temps dans un vase, peu à peu les couches du bas s'épaississent et deviennent plus riches, tandis que le liquide surnageant la masse s'est appauvri.

On livre au commerce cette masse assez fluide, neutre, d'une couleur jaune-brunâtre, dans des vases en verre ou en zinc ou dans des barils étanches.

D'autres fabricants l'expédient sous forme de poudre de richesse plus ou moins variable, de 8 à 15 pour 0/0.

Mais la plupart des produits sont à 10 pour 0/0.

On peut encore se servir pour purifier l'alizarine de sa propriété d'être insoluble dans le bi-carbonate.

On dissout la pâte dans une solution de soude pas trop concentrée. On fait passer dans cette solution un excès de gaz acide carbonique, l'alizarine se précipite en même temps qu'il se forme du bi-carbonate et de l'alizarate de soude. On jette sur une toile, on filtre avec un peu d'eau froide, on exprime et l'on traite le produit purifié par l'acide chlorydrique ou l'acide sulfurique. L'alizarine précipitée, après lavage complet et séchage, est parfaitement pure.

Il faut éviter l'emploi des vases en zinc qui peut exposer à la formation d'alizarate zincique au détriment de la matière colorante, surtout si l'alizarine est un peu acide.

L'alizarine à l'état pur cristallise en aiguilles d'un rouge violacé.

Pour obtenir le produit à cet état, on introduit la matière desséchée au bain-marie au fond d'un creuset de porcelaine assez spacieux ; on la recouvre d'une toile métallique ; on chauffe sur un bec de gaz entre 120° et 180°. Les vapeurs organiques viennent former contre les parois un lacis d'aiguilles enchevêtrées.

Il reste au fond du creuset une matière charbonneuse renfermant des impuretés provenant de l'alizarine (sels alcalins, ferreux, etc.)

L'alizarine sublimée entraîne avec elle des aiguilles jaunes d'anthraquinone qu'on trouve à la partie supérieure du creuset et qu'on reconnaît par une lessive de soude qui ne les dissout ni ne les colore. Au-dessous, on rencontre quelquefois des petites aiguilles soyeuses, jaunes ou orangées, qui se dissolvent dans une lessive de soude avec une couleur orange foncé. C'est l'oxyanthraquinone ou acide anthraflavique, corps découvert par Perkins et qui est, sans doute, un isomère de l'alizarine.

Les aiguilles d'alizarine sont nettement reconnaissables à la couleur violet-rouge ou violet-bleu qu'elles donnent avec la lessive.

Nous n'insisterons pas sur les diverses propriétés chimiques de l'alizarine qui cependant demandent à être étudiées d'une façon approfondie pour la teinture. La principale propriété que présente ce corps et qui en fait un agent si précieux pour l'industrie, c'est de fournir, avec les bases métalliques des composés insolubles auxquels on donne le nom de laques et qui se fixent sur les étoffes par précipitation de la matière colorante dans la fibre. Avec les sels d'alumine on a les rouges et les roses ; des noirs, des violets, des marrons avec les mordants de fer. L'alizarine pure délayée dans l'eau teint fort incomplètement les mordants, il faut ajouter au bain de teinture une solution aqueuse de carbonate de chaux ; l'effet est maximum pour la combinaison monocalcique, la laque bi-calcique ne teint pas.

On sait depuis longtemps que la présence des sels calcaires distingue la racine d'Avignon des autres racines, particulièrement de celle d'Alsace, qui est acide, et qu'elle constitue un des avantages de l'emploi en teinture des produits avignonnais.

L'alizarine dont nous venons de décrire la préparation artificielle n'est pas, comme on le sait, le seul principe colorant de la garance. Un autre corps joue dans la teinture avec garance, garancine, extraits de garance, etc., un rôle très-important, peu connu autrefois, en communiquant aux étoffes mordancées des nuances particulières plus rouges que celles de l'alizarine. C'est la purpurine, trouvée en 1828 par Robiquet et Collin, et dont M. Delalande a fait récemment la synthèse. Sa formule, longtemps discutée comme celle de l'alizarine, est $C^{14}H^8O^5$. La teinte spéciale des rouges et roses garancés est due à l'association des deux principes alizarique et purpurique.

Les premiers chimistes qui ont étudié la constitution de la racine en y recherchant les matières colorantes avaient obtenu un certain nombre de combinaisons plus ou moins complexes; les travaux qui suivirent démontrèrent que les principes colorants se rencontrent dans la garance engagés dans des composés de la classe des glucosides répondant à la formule



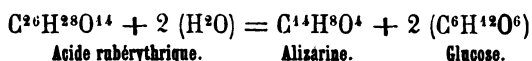
R représentant un radical acide, alizarine par exemple, C^6H^6 le glucose étant un alcool hexatomique.

Berthelot a reproduit par synthèse quelques-uns de ces glucosides.

Ainsi le rubian de Schunk, isolé en 1847, était un mélange de plusieurs glucosides. Decaisne avait déjà découvert que l'alizarine ne préexiste pas à l'état libre dans la racine fraîche, mais qu'elle se séparait dans certaines conditions, oxydation à l'air, action des acides, des alcalis, influence de certains ferments, spécialement d'un ferment azoté que contient la plante.

Le glucoside alizarique a été isolé par Rochleder qui le nomma acide rubérythrique. Par son dédoublement il fournit de l'alizarine et du sucre, lequel dans le traitement de la racine par les acides se transforme en alcool; cet alcool de garance rectifié est une source importante de profit pour le fabricant.

Cette réaction est exprimée par la formule suivante :



C'est pour favoriser ce dédoublement et concentrer la matière colorante sous un plus faible volume en détruisant une partie des corps ligneux qu'on a soumis la garance à divers traitements à l'eau acidulée, à l'acide sulfurique à 66°, à l'eau surchauffée à 200° et qu'on a eu les produits connus sous les noms de garancine, fleur de garance, pincoffine, etc., employés en teinture suivant les nuances que l'on veut obtenir.

Une expérience célèbre de Kopp a permis de retirer la purpurine à l'état de matière commerciale. Kopp reconnut que l'acide sulfureux n'a pas d'action sur le glucoside alizarique, tandis que les autres glucosides moins stables sont décomposés. On lave la racine à l'eau chaude chargée de 4 à 5 % d'acide sulfureux; on verse dans le liquide filtré 2 à 3 % d'acide chlorhydrique, et l'on chauffe à 60°; les principes autres que l'alizarine se précipitent; celle-ci ne se pré-

cipitera qu'à l'ébullition sous forme d'une matière verte. De là le nom d'alizarine verte qui lui a été donné. Les premières parties constituent la purpurine commerciale de laquelle Schützenberger a retiré quatre corps colorants bien définis par leur forme cristalline, et qu'il a isolés en se basant sur les différences de solubilité dans les divers liquides, alcool, benzine, etc. D'après les idées admises à cette époque sur la constitution de l'alizarine il les rattacha à la naphthaline; leurs formules, rectifiées depuis les nouvelles découvertes sur l'anthracène, expriment leur dérivation de ce carbure. Deux de ces corps sont rouges, la purpurine proprement dite $C^{14}H^8O^3$, la pseudo-purpurine $C^{14}H^8O^6$; le troisième, orangé et teignant en rouge les mordants d'alumine, est la purpurine hydratée, $C^{14}H^{10}O^6$; le dernier jaune, la xanthopurpurine, est un isomère de l'alizarine.

Tout récemment, les travaux de M. Rosenstiehl ont éclairé cette question si complexe et l'on admet avec lui que les principes colorants dérivés de la garance sont au nombre de quatre, alizarine, purpurine, pseudo-purpurine et purpurine hydratée.

Préparant par des manipulations longues et délicates chacun de ces corps à l'état pur, étudiant ses réactions colorées, les combinaisons qu'il forme avec la chaux, l'alumine, etc., M. Rosenstiehl a abordé par voie de synthèse la solution du problème demandée jusqu'alors à l'analyse.

De nombreux essais de teinture faits, soit avec ces corps seuls, soit avec leurs mélanges, lui ont permis de déterminer les nuances propres à chacun d'eux et de reproduire dans les circonstances les plus variées d'expérimentation les divers types de couleurs garances. Ainsi par la connaissance du rôle et des propriétés de chaque élément peuvent être expliquées les différences qu'on obtient en teinture par l'emploi de la garance, de la garancine, de la fleur, par celui de l'alizarine artificielle et des divers extraits; de même les phénomènes qui se produisent à l'avivage, au passage au savon des étoffes teintes, tous les faits enfin remarqués depuis si longtemps par les praticiens, mais dont les causes leur restaient inconnues.

Tandis que Schützenberger admettait que le rouge turc, le rouge et le rose garancés, que l'on considère comme étant les types des couleurs bon teint, sont engendrés par l'alizarine seule, la purpurine étant entièrement éliminée par les opérations de l'avivage, M. Kœchlin, en 1867 montrait que l'alizarine, après avoir été surchauffée à 280° , est incapable de donner de beaux rouges avec les mordants d'alumine et qu'elle fournit seulement des violets supérieurs à ceux de la

garance (de même qu'il est reconnu aujourd'hui que l'artificielle est impropre à la fabrication du rouge). D'après M. Kœchlin, ce n'était pas non plus à la purpurine qu'est dû le rouge garancé ; car, l'aviage, disait-il, l'a complètement détruite. Il y avait donc un autre principe dont l'influence dominait et qui donnait à la couleur type son ton carminé *sui generis*. Quel était-il ? Aussi en 1872-1873, la Société de Mulhouse avait choisi pour un de ses prix le titre suivant : *L'alizarine seule ne produit pas les teintes garance et spécialement le rouge. Il faudrait rechercher quelles sont les matières colorantes qui se joignent à elle pour former ces couleurs.*

C'est la question cherchée et résolue par M. Rosenstiehl.

Ayant reconnu que l'alizarine, telle qu'on croyait jusqu'alors la retirer pure des extraits, était toujours fortement souillée par des substances étrangères, il l'a débarrassée de celles-ci en la chauffant à 200° dans un autoclave avec de l'eau alcalinisée. Les autres matières se détruisent ou se transforment ; deux ou trois cristallisations suffisent pour les séparer. Avec plus de facilité encore il a préparé l'alizarine pure au moyen de l'artificielle qui contient toujours des quantités variables d'anthraquinone, d'oxyanthraquinone, etc.

Il résulte de ses expériences que l'alizarine seule ne donne que le violet avec les mordants de fer et qu'avec ceux d'alumine la nuance est violacée et terne. Elle ne teint pas dans l'eau distillée ; la présence de l'équivalent de chaux est indispensable pour la saturation des mordants.

Quant à la purpurine, il n'est pas nécessaire d'admettre son existence dans la racine ; elle ne serait dans les opérations de la teinture que le produit de la réduction de la pseudopurpurine qui, seule, se rencontrerait dans la plante à côté de l'alizarine associée aux glucosides.

Cette réduction de la pseudopurpurine $C^{14}H^8O^6$ en purpurine $C^{14}H^8O^5$ s'accomplit dans diverses circonstances, sublimation à 200°, action des liquides dissolvants à 80°, et même simple ébullition avec de l'eau pendant trois ou quatre heures ; on obtient alors outre la purpurine, la xanthopurpurine, la purpurine hydratée et d'autres corps dont l'étude est encore à faire.

La pseudo-purpurine ne teint les mordants que dans l'eau distillée, et les couleurs se dégradent au bain de savon bouillant. Avec le bicarbonate de calcium et l'alumine on a une laque monocalcique complètement insoluble et ne se fixant point par conséquent sur les étoffes.

La purpurine à l'état pur teint les mordants dans l'eau distillée; les couleurs sont solides mais résistent moins à l'action de la lumière que celles de l'alizarine.

Avec les sels d'alumine les rouges et les roses ont un reflet violacé qui disparaît dans le passage au savon bouillant; le violet de la purpurine se ternit également à l'avivage. La teinte rouge ou rose devient après cette opération celle que donne directement la purpurine hydratée, de sorte qu'on peut admettre que la laque d'alumine et de purpurine est devenue une laque d'alumine et de purpurine hydratée à laquelle serait dû le caractère particulier des couleurs garance.

Ainsi des quatre principes colorants dérivés de la racine, deux préexistent dans la plante, l'un d'eux, la pseudo-purpurine, ne possédant directement aucun effet utile, mais engendrant les deux derniers par son dédoublement; et sur l'étoffe avivée il ne resterait à la fin que l'alizarine et la purpurine hydratée. En résumé, tous les quatre ont chacun leur rôle spécial.

Partant de ces faits, M. Rosenstiehl a expliqué le rôle si important de la chaux dans les opérations de teinture, rôle basé sur la solubilité plus ou moins grande des laques calciques formées avec les corps colorants.

Ainsi dans un bain de purpurine et d'alizarine dont l'association devrait donner du rouge, si on ajoute du carbonate de calcium, on précipitera la purpurine à l'état de laque, tandis que la laque alizarique ne se précipitera que beaucoup plus lentement en présence de l'acide carbonique. On aura finalement un bain d'alizarine qui teindra en violet; mais il y aura une perte de matière colorante correspondant à la quantité de purpurine rendue insoluble.

Les rouges et roses-garancés ont été reproduits synthétiquement avec des mélanges convenables d'alizarine et de purpurine, celle-ci ayant une bien plus grande influence que la première sur la nuance finale. C'est ainsi que le rouge garancé a été obtenu avec 55 parties de purpurine et 45 d'alizarine.

Etant donnés dès lors les divers produits de l'industrie, garance, garancine, garanceux, extraits, etc., on saura, d'après les procédés de fabrication, quel sera dans chacun le principe dominant; la garance contiendra de l'alizarine et de la pseudo-purpurine; dans la garancine, la quantité totale de matières colorantes utiles sera plus considérable puisque le lavage à l'eau acidulée a transformé la pseudo-purpurine en purpurine. Le teinturier sera donc fixé sur la matière à employer suivant les résultats qu'il a en vue, la garance et la fleur servant

de préférence pour les violets, la garancine pour les rouges. De même la proportion de chaux à ajouter dépendra de la nature de la substances.

Pour les extraits, le mode de préparation, la nature du dissolvant feront varier les propriétés dont ils jouiront. Il est reconnu, par exemple, que l'extrait obtenu par l'action de l'huile de schiste à 130° ou 150° sur la garancine, fournit des nuances très-pures et très-solides mais qu'il renferme une somme de matières colorantes moindre que la garancine dont il provient; la purpurine a été détruite dans l'opération et transformée en un corps inerte. C'est le même phénomène de destruction de la purpurine qui se passe, d'après M. Rosensatiehl, quand on soumet la garancine à la vapeur surchauffée à 200°, pour avoir la pincoffine dont les violets en présence d'un peu de craie ou d'eau calcaire sont supérieurs à ceux de la garance ou de la fleur. M. Schützenberger admettait que la chaleur enlève une matière fauve résineuse qui ternit les violets, tandis que la pureté de ceux-ci n'est due qu'à la disparition de la purpurine.

L'on obtient au contraire un extrait très-purpurique en traitant la garancine par un sel d'alumine. Dans ces conditions les propriétés de l'alizarine sont masquées et l'extrait, soumis à l'huile de pétrole ou de schiste à 150°, ne présente plus le phénomène de destruction de la purpurine, mais il fournit le plus beau rouge.

De l'ensemble de tous les travaux entrepris sur la garance, grâce auxquels tant de faits nouveaux, tant de connaissances précieuses ont été acquis à la science, doivent résulter pour l'industrie des modifications profondes. Après la synthèse de l'alizarine, celle de la purpurine est venue récemment compléter la découverte de Grœbe et Liebermann, et confirmer les vues théoriques des savants Allemands. Toutefois, tandis que ceux-ci regardaient la purpurine comme étant la trioxyanthraquinone $C^{14}H^3(OH)^3O^2$, M. Delalande a été amené par des considérations nouvelles sur la constitution de l'antraquinone et de ses dérivés à admettre que l'atome d'oxygène, par lequel la formule de la purpurine diffère de celle de l'alizarine, n'appartient pas à un hydroxyle. Grœbe et Liebermann, puis Perkin avaient inutilement essayé par fusion avec la potasse d'introduire dans l'alizarine le troisième hydroxyle, OH; de même, Schützenberger avait cherché par réduction à passer de la purpurine à l'alizarine, mais sans succès; dans l'un et dans l'autre cas on retombait sur un isomère du corps que l'on voulait obtenir. M. Delalande est parvenu à préparer la purpurine par oxydation directe de l'alizarine avec l'acide arsénieux et le bioxyde de manganèse. Avant peu de temps,

cette préparation aura passé du laboratoire dans l'industrie; et alors, à côté de l'alizarine artificielle qui fournit déjà à la teinture les violets, la purpurine artificielle donnera les rouges, et le mélange des deux matières suivant les formules de Rosenstiehl permettra de reproduire toutes les variétés des couleurs garance.

La série anthracénique est encore aujourd'hui de la part de quelques savants, Fittig, Bøyer et Caro, Behr et Van Dorp, etc., l'objet des recherches les plus suivies, qui sont, comme celle dont nous venons de parler, entreprises d'après les principes de la méthode expérimentale, mais qui, par leur essence même, laissent, en ce qui concerne l'interprétation des résultats, un champ très-vaste ouvert à l'hypothèse et à la spéculation, ces recherches pouvant, ainsi que l'on verra plus loin, avoir par la suite des conséquences pratiques de grande importance : il s'agit des travaux de chimie pure ayant pour but d'éclairer la structure des dérivés de l'anthracène, et d'étudier les relations existant entre ceux-ci et les composés benzoïques et aromatiques.

Nous avons expliqué précédemment les idées émises au début par Grøbe et Liebermann sur la constitution des quinones. Depuis, s'appuyant sur des faits nombreux d'expérience, tels que la formation de l'antraquinone dans la distillation sèche du benzoate de chaux, celle de l'acide benzoïque par fusion de l'antraquinone avec la potasse, M. Fittig rejeta l'hypothèse primitive de la double liaison des deux atomes d'oxygène dans l'antraquinone, et considéra celle-ci comme une diacétone dérivant de deux molécules d'acide benzoïque par élimination de deux molécules d'eau. Cette opinion a été confirmée par des travaux postérieurs.

De même on peut regarder les divers acides benzoïques comme les générateurs des composés hydroxylés de l'antraquinone. On connaît actuellement quatre isomères de l'alizarine, la purpuroxanthine ou isosalizarine, l'acide chrysophanique, l'antraflavone et la quinizarine par l'oxydation desquels on arrive à des isomères de la purpurine. M. Rosenstiehl a montré comment ces corps se rattachaient aux acides oxybenzoïque, dioxybenzoïque, trioxybenzoïque ou rufigallique, et comment la fonction colorante dans ces isomères paraissait liée au groupement des atomes et spécialement à la position dans les groupes benzeniques des hydroxyles O H.

Au sujet de la production de l'antraquinone et de l'alizarine, nous rappellerons encore que des synthèses récentes ont fourni ces corps ou leurs isomères par l'action de l'acide phtalique anhydre sur le phénol C^6H^6O ou sur $C^6H^6O^2$ (pyrocatechine, hydroquinone). C'est

un cas particulier d'une réaction étendue depuis à tous les phénols et à beaucoup d'acides de la série aromatique et de la série grasse, et dont l'application a déjà donné naissance à un grand nombre de composés intéressants par les rapports qu'ils offrent avec les matières colorantes des bois de teinture. On peut admettre qu'une réaction pareille a présidé à la formation du principe colorant dans la plante, et qu'on arrivera peu à peu à reproduire toutes les matières colorantes naturelles par synthèse, quand on aura déterminé par l'analyse les radicaux qui entrent dans les combinaisons.

Telle est, en résumé, l'histoire de ces nouvelles découvertes qui ont abouti à un développement industriel si rapide. Il nous reste à dire quelques mots sur les moyens proposés pour défendre l'exploitation agricole et l'industrie de la garance menacées par les progrès rapides de l'alizarine artificielle.

Ainsi que nous l'avons dit, les travaux de Græbe et de Liebermann furent, au début, entourés d'un certain mystère. En même temps qu'on apprenait leur découverte, on savait par ouï dire les difficultés de l'extraction de l'anthracène et de la préparation de l'alizarine au moyen de procédés coûteux et imparfaits.

En mai 1869, Emile Kopp, le savant directeur du laboratoire de Zurich, arrivait avec peine et « par grande faveur » à se procurer de l'anthracène au prix de fr. 88 le k^g, avec non moins de peine à fabriquer l'alizarine en suivant le brevet. « J'éprouve une véritable satisfaction, écrivait-il alors à des intéressés, à vous communiquer ces résultats, quoique, comme chimiste, j'avais espéré ou plutôt pensé « que la chose serait plus praticable. »

Peu à peu les publications scientifiques annoncèrent la suite des brevets perfectionnés cités plus haut, la création rapide d'usines en Allemagne et l'on vit le nouveau produit se consommer pour certaines applications spéciales qui se développèrent presque en même temps, comme l'impression des couleurs-vapeurs pour lesquelles sa forme de pâte et sa pureté le rendent plus commode, s'expédier même en Amérique en concurrence avec la garance et la garancine qui présentent pour un même poids de matière colorante un poids considérable de matières inertes et mêmes nuisibles. Dès lors, le doute n'était plus permis ; la fabrication existait et prenait chaque jour de l'extension. La solidité des couleurs, le prix de la matière, paraissent aux fabricants de garance des points non encore résolus en faveur de l'artificielle qui maintenaient à leurs produits une supériorité que beaucoup considèrent même aujourd'hui comme incontestable, tandis que pour les savants et les industriels lancés dans

l'artificielle les progrès de la science devaient avec le temps lever toutes les difficultés. Bien que l'évènement ait déjà donné raison en partie à ces derniers (1), il est peu facile de démêler la vérité au milieu des opinions contradictoires des deux industries rivales.

Dès le début, beaucoup d'acheteurs de garance prêchèrent la perte de la garance et spéculèrent sur l'artificielle pour en amener la baisse. Delà beaucoup de réclames en faveur du nouveau produit.

Il est malaisé de se procurer des chiffres exacts sur la production des grandes usines; on tend à les exagérer du simple au double et à dissimuler les prix de revient. Si l'on s'adresse aux consommateurs, les uns vantent la solidité et les nuances de l'artificielle, solides, plus rouges, plus vives que celles de la garance, son emploi économique pour le rouge turc par suite de la suppression des nombreux avivages que nécessitait la même teinture en garance et garancine, son application commode pour les toiles peintes. Les autres soutiennent que l'alizarine n'est pas applicable aux mêmes emplois, que des échantillons de rouge turc avec l'artificielle, envoyés aux Indes, n'ont pas résisté au soleil et aux agents atmosphériques, etc.

Si l'on consulte les fabricants d'Elberfeld, d'après l'un, la production journalière est de 65 tonnes par jour, soit l'équivalent de 19,5 tonnes de garancines, ou de 58,5 de garance, ce qui, à 300 jours de travail par an, fait 17,450 tonnes ou le $\frac{1}{3}$ de la production de la garance. Le lendemain ce n'est plus que 8,000 livres au lieu, de 13,500 qu'on fabrique chaque jour d'alizarine artificielle.

Quoiqu'il en soit, on constatait qu'en 1873, à Elberfeld, la consommation journalière de garancine avait baissé des deux tiers et qu'elle ne reprendrait que par une baisse considérable dans le prix de la garancine. Il faut pour avoir quelques renseignements présentant un certain caractère d'authenticité, recourir à l'opinion des chimistes et industriels qui font, par dessus tous les autres, autorité dans la matière.

Au premier rang, nous citerons M. Kopp, qui depuis longtemps croit complètement à l'avenir de l'artificielle. D'après lui, 100 parties d'anthracène doivent donner 120 parties d'alizarine artificielle, tandis que les fabricants n'en ont pas plus de 45 p. %. Kopp, lui, en retirait 60. Il resterait donc une grande marge à l'abaissement des prix de revient par le perfectionnement des procédés. Il croit qu'un moyen de lutter consiste dans la préparation des extraits de garance, et telle

(1) Le prix de vente de 25 fr. le kil., en 1870, pour le Meister Lucius, à 10 p. 0/0 est aujourd'hui, de 7 fr. 50 et 8 fr.

était encore son opinion exprimée à un membre de notre Société en juillet 1874.

L'opinion de Gessert, exprimée en avril 1873, était la suivante :

D'après lui, les opérations de l'artificielle sont trop délicates, demandent trop de place pour que son extension soit indéfinie, et beaucoup de petits fabricants resteront dans la lutte pour faire place aux grands, Meister Lucius, Perkins, Gessert, etc. Il blâmait certains industriels d'avoir avili les prix pour écraser la garance.

Le marché d'anthracène, disait-il, est insuffisant ; les distillateurs prétendent que pour avoir du bon coke on brûle forcément l'anthracène, que le goudron est à un prix très élevé, et qu'ils perdent sur le brai, si l'anthracène n'est pas payé un prix rémunérateur. Tout réside donc dans une question de prix. L'alizarine ne peut plus baisser les siens ; reste à savoir si les garances pourront descendre assez bas sans que la culture diminue sur une trop grande échelle. La question est résolue pour Naples et L'Orient, où les terres sont incultes ; elle est plus délicate pour Avignon, où il s'agirait de savoir par quoi remplacer la garance. Le loyer de la terre baissera, on cultivera encore, sans doute, pendant une dizaine d'années (1). En Hollande, la crise précipitera le remplacement de la garance par la betterave, comme cela est arrivé pour la Silésie.

Depuis lors, cette façon de penser de Gessert a-t-elle dû se modifier ? Peu, sans doute. Des deux côtés sévit depuis deux ans une crise commerciale qui, en arrêtant les affaires, n'a pas permis à l'artificielle de se développer complètement, et entre pour une grande part dans la fâcheuse situation de l'industrie de la garance. Suivant M. Engel Dolfus, les exportations de garancine qui étaient, dans les 8 premiers mois de 1872 de 2523 tonnes tombaient en 1873 à 1696 tonnes.

Les prix des matières et leurs pouvoirs tinctoriaux étaient les suivants, en novembre 1873 :

Garance	1	F.	0.64
Fleur	2	»	1.50
Garancine	5 à 6	»	3. »
Alizarine artificielle.	24	»	12.50 prix de début en 1870 : fr. 35.
Extrait de garance ..	16	»	22. »

« On estime que pour les roses et les rouges, la fleur reste préférable
• « à l'artificielle.

(1) L'ensemencement en 1874 a été inférieur de 2/3 à celui de l'année précédente, qui, lui-même, était déjà réduit.

« Pour les violets, on obtient de l'alizarine, avec une économie relative; des nuances valant celles de la fleur de garance.

« Quant à la solidité, les opinions se prononcent généralement en faveur de la fleur, mais la différence n'est pas telle qu'elle exclue l'emploi de l'alizarine.

« Les progrès que je vois faire autour de moi, ajoute M. Dolfus, les indications que me fournissent les statistiques ne me permettent pas de partager l'optimisme de certaines personnes. »

En résumé, il est impossible aujourd'hui pour la garance de chasser du marché la rivale qui s'y est implantée. Profitant des avantages qu'ils ont encore, les fabricants du produit naturel doivent chercher à y conserver la place importante qu'ils occupent. « Malgré la découverte des couleurs d'aniline, le commerce des matières colorantes végétales, l'indigo, l'orseille, la cochenille, est loin d'avoir été ruiné. Les anciennes couleurs se maintiennent par les qualités qui leur sont propres, par des nuances spéciales, par leur solidité et par la force de l'habitude. L'usage des tissus teints se généralise, la consommation des matières colorantes s'accroît au fur et à mesure que la production en augmente. Il en sera peut-être de même des couleurs de garance; plus on fabriquera, plus on consommera. » Chacune des deux industries peut trouver et trouve déjà aujourd'hui son débouché dans des articles spéciaux; la teinture employant de préférence les garances à meilleur compte, l'impression recourant à l'alizarine artificielle et aux extraits; parmi ces derniers, chacun étant plus ou moins apte à telle ou telle application. Mais il est de toute nécessité que le prix de la garance s'abaisse parallèlement à celui de l'alizarine artificielle et pour cela de sérieuses améliorations doivent être apportées dans la culture.

La racine contient d'après Kopp 0,75 d'alizarine et 0,75 de purpurine; on peut admettre 1 0/0 d'alizarine en moyenne dans les diverses espèces. Il faut que le cultivateur, abandonnant le système de vendre les alizaris à la livre, cherche à diminuer le plus possible les ligneux et à augmenter la proportion de la matière colorante dans la racine. En même temps, il s'agit de retirer en extraits toute la matière colorante de la plante débarrassée de ses impuretés, résines, matières colorantes nuisibles, etc., en laissant seulement les deux principes utiles que de nouveaux perfectionnements dans les procédés d'extraction permettront peut-être d'isoler séparément et à un prix économique.

La Société d'Agriculture de Vaucluse a compris combien la

question était grave pour ce département (1). Par ses soins des essais ont été entrepris à Avignon par MM. Fabre et Duprat, etc., dans le but de rechercher :

1° Si l'on peut augmenter la matière colorante sous l'influence des agents chimiques.

2° Si, en choisissant des racines comme celles du Levant, de Naples, du Caucase, l'on ne peut pas par sélection arriver à produire une garance plus riche en matière colorante, comme cela a été fait pour la betterave. (Dans le Caucase, par exemple, la résine, mise à sécher dans des silos préalablement chauffés, donne deux fois plus de matière que la garance d'Avignon.)

3° Etudier le mode de culture qui permettrait de fixer ces racines dans notre pays, ainsi l'emploi des bouturages au lieu des semis. (Si l'on empêche la racine de plonger, on diminuera par cela même la quantité de radicelles stériles).

4° Chercher à abréger par des engrais appropriés la période du séjour en terre de la racine, à diminuer les frais d'arrachage, etc.

Il est admis que, depuis quelques années, le rendement en garance du sol avignonnais a baissé. La terre a été surmenée, les graines ont pu être abâtardies. Il y a donc là un champ d'expériences variées et importantes qui peuvent, le jour où le paysan aura compris l'avantage pour lui d'améliorer sa culture, amener une diminution très-sensible dans le prix de la garance par une élévation dans la qualité. On s'est adressé déjà aux pays lointains pour réunir une quantité suffisante de racines de provenances diverses afin de juger celles qui conviennent le mieux au sol de Vaucluse, et dont le rendement est maximum. Elles seront alors mises de côté pour former de nouvelles cultures. Ces essais, quoique de date récente, ont déjà amené la connaissance de faits intéressants surtout au point de vue agricole : ainsi, la possibilité de remplacer dans les engrais la potasse par la soude, la supériorité de l'engrais chimique sur celui de ferme et sur les tourteaux, l'action favorable des sels azotés sur le principe colorant, l'action des phosphates utile seulement au développement de la

(1) Pourtant, au commencement de 1873, la sécurité était encore grande, ainsi que nous le constatons dans le *Bulletin de la Société* de février 1875 :

« Il est utile, dit le *Bulletin*, que nos agriculteurs sachent que la production de
• « l'alizarine artificielle exige des procédés si délicats et si compliqués, des usines si
« vastes et un outillage si coûteux, que ce sont là des obstacles réels à l'extension
« de sa fabrication. Il ne faut pas qu'ils ignorent qu'il n'est pas démontré que l'ali-
« zarine artificielle donne des couleurs aussi résistantes que celles de la garance,
« qu'il n'y a pas d'identité dans les nuances, etc. »

partie herbacée de la plante. Il est certain que ces études auront une efficacité marquée sur le régime de la garance et qu'elles produiront des résultats pratiques importants.

Comme nous l'avons dit plus haut, c'est surtout dans l'impression pour étoffes que l'alizarine artificielle a trouvé son emploi, sa forme en pâte la rend très-propre à être mélangée avec les mordants : on imprime avec un épaississant, albumine, etc, et l'on passe à l'étuve. Telle est la méthode d'impression des couleurs dites vapeurs. Pour le rouge turc, la pureté de l'artificielle plus grande que celle de l'alizarine naturelle la fait également rechercher. Les blancs en teinture sont moins salis et un simple chlorage suffit, de telle sorte que les teinturiers arrivent à préférer l'artificielle malgré son prix élevé.

On est même arrivé pour satisfaire les goûts des teinturiers, à préparer deux sortes d'alizarine artificielle, l'une à reflet jaunâtre (Gelbstich), l'autre bleuâtre (Blaustich). L'alizarine Gelbstich est l'isopurpurine, isomère de la purpurine découverte en 1873 par Auerbach dans l'alizarine préparée par Gessert, à Elberfeld. Le reflet jaunâtre fait virer les couleurs à l'écarlate et l'on a les mêmes reflets qu'avec la purpurine, soit pour teinture avec les mordants d'alumine, soit pour couleurs-vapeurs (1).

(1) Pour ce qui concerne les applications des divers dérivés de la garance, elles sont aujourd'hui en général les suivantes :

Dans la teinture de la laine, on emploie pour les étoffes ordinaires, mais qu'on veut teindre solidement, la garance ; pour les étoffes plus fines, la garancine ou même les extraits de garance. Ces derniers sont cependant maintenant, en général, remplacés par l'alizarine artificielle.

Dans la teinture de la soie, rarement la garance ; en général la garancine ; et pour les articles fins, les extraits ou l'alizarine artificielle.

Dans la teinture du coton, la garancine ou la fleur ; pour quelques spécialités, comme lilas sur lilas, encore la garance.

Dans la teinture au rouge d'Andrinople, où autrefois la garance de Smyrne était surtout employée, la garancine a pris le dessus ; mais, dans les derniers temps, le rang lui est vivement disputé par l'alizarine artificielle.

Pour l'impression topique avec les couleurs dites vapeur, sur indienne chaîne coton, l'alizarine artificielle a déjà presque complètement remplacé les extraits.

La possibilité de se procurer les matières colorantes de la garance à l'état de pureté a permis aux fabricants de fournir, à la place des articles aux couleurs d'aniline, très-beaux, à la vérité, mais très fugaces, des articles presque aussi beaux, mais solides, et résistant bien à la lumière et au savon, ainsi que la mode actuelle le réclame.

Avec la garance, ou plutôt ses dérivés, la garancine et l'alizarine, avec le cachou, le noir d'aniline et le vert Guignet, le bleu d'outremer et le gris de charbon fixés à l'albumine, on a un choix de couleurs avec lesquelles des dessinateurs et des coloristes habiles et de bon goût peuvent produire des dessins très beaux et très variés.

(Extrait du *Moniteur Scientifique* de Juin 1875.)

Les avantages que nous avons indiqués dans l'alizarine artificielle et que bientôt, pensons-nous, l'on pourra étendre à la purpurine artificielle sont aussi ceux que l'on doit rechercher dans la préparation des extraits naturels. Nous devons dire que les extraits connus jusqu'ici ayant une place importante sur le marché sont d'un prix très-élevé et n'ont pas encore ce caractère de généralité pour les applications, qui est le but à atteindre. Des quantités de brevets ont été pris, fondés sur l'emploi des divers moyens d'extraction, (sublimation avec la vapeur d'eau surchauffée, etc.) et des dissolvants les plus variés, (alcool méthylique, glycérine, huile de schiste, etc.) agissant sur la garance ou la garancine.

Un des premiers en date est basé sur l'extraction de l'alizarine au moyen de la matière que Kopp a appelée alizarine verte et dont nous avons parlé plus haut. On la traite par l'huile de schiste bouillant à 150° environ, et après distillation et refroidissement, il se dépose de petits cristaux d'alizarine chaude. On reprend par la soude, et on précipite par l'acide sulfurique ; mais l'alizarine ainsi obtenue contient toujours une forte proportion de purpurine, ainsi que l'a démontré M. Rosentiehl. Sur ce procédé repose la préparation de l'extrait de Schaaf et Lauth qui teint comme 2 fois $\frac{1}{2}$ le Meister Luecins à 10 % et comme 5 fois la garancine.

M. Pernod, d'Avignon, s'est fait breveter pour divers extraits. Il croit avoir obtenu aujourd'hui industriellement la séparation des deux matières colorantes alizarine et purpurine. D'un autre côté, il a fait une heureuse application « de la purpurine à la teinture et à l'impression pour produire avec les mordants d'alumine un rouge écarlate d'un très grand éclat et qui ne saurait être obtenu avec aucune autre matière colorante. Des échantillons de l'extrait alizarine que pour rouge Turc ont été comparés avec des échantillons d'alizarine artificielle et les nuances ont été trouvées supérieures, bien que le prix de l'artificielle fut de 30 à 35 % plus cher » (1).

La préparation de l'extrait Pernod repose, paraît-il, sur la solubilité de l'alizarine dans la vapeur d'eau surchauffée.

à 100°	100 parties d'eau dissolvent	0.034 parties d'alizarine		
200°	»	0.820	»	»
225°	»	1.700	»	»
250°	»	3.160	»	»

La purpurine au contraire, est assez soluble dans l'eau chaude.

(1) Assemblée générale de la Chambre de Commerce d'Avignon, de la Société d'Agriculture du Vaucluse. etc. 1874. — *Compte-rendu*.

Cette propriété a été utilisée par divers chimistes (Leitenberg, Bonsfield, S. Rieu) qui traitent la garance ou la garancine par l'eau chaude, avec ou sans addition d'une petite quantité d'acide et retirent ainsi les matières colorantes à un état de pureté satisfaisant. Tel est, sans doute, le procédé qui sert à la fabrication de l'extrait Meissonnier, très-estimé pour l'impression.

Il y aurait encore à citer beaucoup de brevets pour l'obtention des extraits. Mais sur cette question bien des points sont encore sujets à controverse, et voici l'opinion exprimée dernièrement par un des plus grands teinturiers d'Alsace :

« Nous ne pensons pas qu'un extrait, quel qu'il soit, puisse être opposé à l'emploi direct de la garance. En effet, la garancine donne presque tout son colorant par la teinture, le bois n'en retient que fort peu ; dès lors son emploi sera toujours plus avantageux que celui d'un extrait dont la préparation est toujours coûteuse. Mais, outre cela, la garancine a certaines qualités tinctoriales qu'aucun extrait n'arrivera probablement à remplacer.

« Ces qualités peuvent se résumer dans les deux termes suivants :

« 1° Une teinte rouge vif à basse température puisqu'elle contient toute la purpurine ;

« 2° Elle ne charge que fort peu le blanc et ce dernier peut être ramené par une seule opération de chlorage.

« On peut donc associer à la garancine d'autres couleurs comme le cachou pourvu qu'elles puissent supporter le chlorage simple ; mais si l'on remplace la garancine par un extrait, le simple chlorage ne suffit plus pour ramener le blanc et l'on est obligé d'avoir recours à des avivages auxquels le cachou ne résiste pas.

« Il faudrait donc pour remplacer la garancine un extrait contenant à l'état non-altéré les principes colorants qu'elle renferme elle-même. C'est là, jusqu'à présent, un problème sans solution. Chaque fois qu'on cherche à isoler les matières colorantes, elles se transforment et le produit obtenu ne jouit nullement des avantages de la matière brute. »

Le même industriel ajoute qu'il n'emploie ni les extraits ni l'artificielle dans la teinture pour laquelle il réserve la garance. Il s'en sert concurremment pour les applications selon les résultats à obtenir comme nuance et aussi selon les couleurs qu'il veut y associer.

D'après lui, l'alizarine artificielle ne donne ni très-beau rose, ni beau violet, mais beau rouge sombre ; l'extrait de Meissonnier, de beaux rouges moyens ; celui de Pernod, du rouge écarlate ; celui de Schaaf et Lauth, de beaux violets.

De plus, les extraits de garance perdent beaucoup au savonnage ; tandis que l'artificielle n'y perd rien. Il en résulte que l'emploi des extraits de garance devient souvent impossible puisque les bains de savonnage se chargent tellement qu'ils deviennent de vrais bains de teinture agissant fortement sur le blanc et salissant toutes les autres couleurs associées au rouge.

Ainsi, des extraits préparés économiquement et dans de bonnes conditions trouveront une place importante à côté de l'alizarine artificielle, sans pouvoir, d'ailleurs, détrôner celle-ci. La vente de la garance et de la garancine se limite sans doute par la concurrence des nouveaux produits ; néanmoins, un débouché très-vaste lui reste assuré dans la teinture. Il faut espérer qu'avec les améliorations apportées dans la culture, avec l'enrichissement de la racine, avec la fabrication des extraits, l'exploitation de la garance reprendra un nouvel essor et que cette branche de notre industrie échappera à la menace de destruction qui, d'après les théoriciens, semble planer sur elle.

Il faut le reconnaître, en effet, la préparation de l'alizarine artificielle répond à un courant d'idées scientifiques modernes qui entraîne le chimiste ou l'industriel à ne plus aller chercher les substances dont il a besoin dans les plantes où il semble cependant que la nature les ait élaborées d'avance et mises en réserve pour son usage, en lui laissant seulement le soin de les en retirer. Se passant aujourd'hui du concours des forces vitales, on tend chaque jour de plus en plus à créer ces corps de toutes pièces au moyen des principes élémentaires renfermés au sein de la nature minérale.

La houille, ce détritus minéralisé des végétations antérieures, contient les quatre métalloïdes constitutifs des substances organiques, C, O, Az, H, dans un état de groupement encore inconnu, mais assurément complexe et répondant à l'ordre de décomposition des plantes qui l'ont formée. En même temps qu'elle restitue par sa combustion la chaleur et la force qui y ont été emmagasinées, le chimiste emprunte au goudron, résidu de sa distillation, les principes chimiques accumulés dans son sein. Mettant en œuvre toutes les ressources de la science, il obtient ces carbures, ces alcaloïdes, dont les traitements successifs et perfectionnés ont déjà donné naissance à une multitude de matières colorantes, les unes, comme celles dérivées de l'aniline, toutes nouvelles et sortant du laboratoire pour transformer l'art de la teinture ; les autres, déjà connues sous forme de produits végétaux, mais découvertes, pour ainsi dire, une seconde fois, et amenant une révolution non moins profonde dans l'industrie, comme l'alizarine obtenue par synthèse au moyen de l'anthracène.

Ce dernier carbure se trouve, dit-on, en faible proportion dans le goudron de houille. Il en existe cependant assez dans les quantités de charbon distillées aujourd'hui, pour remplacer les 475 tonnes d'alizarine naturelle fabriquées actuellement sous forme des divers produits de la garance. Ces 475 tonnes demandent au plus 1400 tonnes environ d'anthracène. Les deux seules villes de Londres et de Paris distillant plus de 2 millions de tonnes de charbon par an, l'on aurait ainsi 1000 tonnes d'anthracène. Mais rien ne dit qu'on ne pourra pas arriver à l'anthracène par d'autres carbures. Rien ne prouve qu'on ne le produira pas pratiquement dans l'avenir en parlant de la naphthaline par synthèse pyrogénée, comme Berthelot l'a déjà fait au laboratoire. Il y a plus ; nous avons vu plus haut que des travaux récents avaient rattaché directement l'alizarine et l'anthraquinone à la série benzoïque. Les points de passage de la série anthracénique avec les séries des carbures inférieurs, benzine et naphthaline s'établissent peu à peu. Or, l'acide benzoïque se prépare aujourd'hui industriellement par la méthode Depouilly, en chauffant avec de la chaux vive le phtalate bicalcique, et l'on sait que l'acide phtalique est le produit de l'action prolongée de l'acide nitrique et des oxydants sur la naphthaline, ce carbure si répandu dans le goudron de houille et si facile à obtenir à l'état pur.

L'on voit ainsi que la chimie tient encore à sa disposition des ressources infinies, et qu'il est bien difficile de prévoir l'avenir d'une industrie chimique, surtout de celle des matières colorantes, unie par des liens qui se resserrent chaque jour à la science dont elle suit les progrès incessants.



ESSAI.

D'UNE

MÉTHODE PHYSIQUE D'ANALYSE DES HUILES

Par M. CROULLEBOIS

Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.



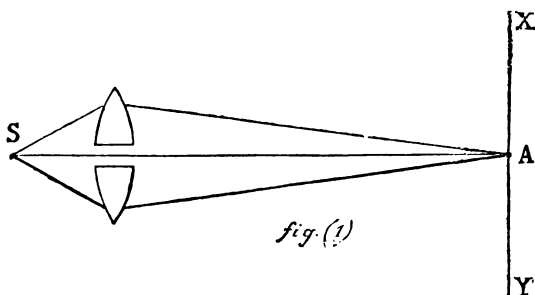
Je me propose de porter à votre connaissance une méthode physique d'analyse des huiles qui offre une solution d'un problème important, dans un cas particulier, celui où le mélange ne renferme que deux espèces d'huiles. Cette méthode est, en outre, purement quantitative, comme toutes les méthodes physiques d'ailleurs, qui ne différencient les diverses sortes de substances que par les accidents ou les modifications de leurs propriétés générales.

Je suppose donc qu'on ait déterminé préalablement, par des épreuves de réactifs, dans un mélange de deux huiles, la nature de ces dernières. L'appareil, que je vais décrire actuellement sous le nom d'*oléoscope*, permettra de reconnaître avec une approximation (qui n'a pas de limites) la proportion relative d'huile de fraude.

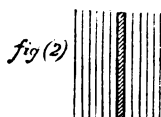
L'idée de recourir à des procédés optiques dans la question qui nous occupe, me fut suggérée par un de mes amis, chimiste distingué, M. Cary-Mantran. Après divers essais infructueux, je me suis arrêté à la construction de cet appareil, qui repose en principe sur l'expérience célèbre d'Arago, le déplacement des franges d'interférences. Quelques mots d'explication me semblent indispensables :

Tout le monde sait que la lumière ajoutée à la lumière produit l'obscurité, comme le son ajouté au son produit le silence. Les deux rayons lumineux, dont le conflit amènera l'extinction, sont assujettis à une condition fondamentale : *ils doivent être empruntés à une même source*. En outre, il est nécessaire que, partis de cette source sous un certain angle, ils se croisent de nouveau, ce qu'on obtient de diverses manières, soit par la réflexion, comme dans les miroirs de Fresnel, soit par la réfraction comme dans le biprisme, ou les demi-lentilles de Billet. C'est en ce point d'entrecroisement que l'on

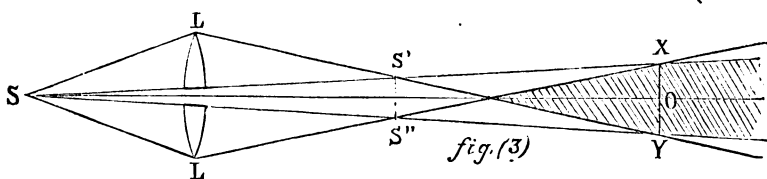
observera, soit un redoublement d'intensité lumineuse (frange brillante), soit l'obscurité complète (frange obscure). Dans les idées de Newton, il était impossible de comprendre comment ces alternatives peuvent se présenter ; mais, dans les idées de Fresnel, rien n'est plus simple. Le rayon lumineux est constitué par l'agitation vibratoire périodique d'une pile de molécules éthérées. Cela posé, si l'un des rayons apporte à la molécule A un



mouvement dirigé de haut en bas (*fig. 1*), et qu'au même instant, le second rayon sollicite également cette molécule en sens contraire, A restera au repos ; or, le repos de l'éther c'est l'obscurité. Si les rayons lumineux apportent simultanément à la molécule A des ébranlements concordants, il y aura agitation vibratoire double et par suite intensité quadruple. Mais par le fait même de la périodicité des mouvements vibratoires dont est le siège chacun des rayons lumineux (en nombre infini) issu de la source, le phénomène résultant sera lui-même périodique dans toute l'étendue du plan XY ; ou, pour mieux dire, il y aura alternative de franges brillantes et de franges obscures disposées symétriquement de part et d'autre d'une zone appelée frange centrale (*fig. 2*).



Quand les rayons ont cheminé à travers des milieux identiques, la frange centrale, résultant de leur superposition, est placée au milieu O du champ commun XY aux deux faisceaux (*fig. 3*).



Mais si on les fait passer à travers des liquides de nature différente, il y a inégalité dans les actions physiques exercées sur la lumière, et cette dissymétrie se traduit à l'œil de l'observateur par une translation de la frange centrale (toujours aisément reconnaissable par son éclat et la fermeté de son des franges obscures qui la limitent).

L'étendue de ce transport dépend des indices de réfraction respectifs des milieux traversés, et, pour le cas présent, des colonnes d'huiles égales en longueur, mais différentes en nature, interposées par le trajet. Ce transport est estimé par un certain nombre de franges et dépend de la rotation

$$eN - en = K\lambda$$

e désignant la longueur commune à ces deux colonnes d'huile ;

N l'indice de réfraction du mélange soupçonné ;

n , celui de l'huile type pure ;

λ , la longueur d'ondulation de la lumière blanche, sensiblement égale à 550 millionièmes de millimètre.

Des expériences préliminaires m'ont appris que la proportion d'huile, ajoutée en fraude, est proportionnelle à K . En effet, j'ai reconnu que la puissance réfractive du mélange est égale à la somme des puissances réfractives des liquides mélangés, c'est-à-dire que si l'on désigne par n et n' les indices de réfraction de l'huile type et de l'huile de fraude, on aura

$$N^2 - 1 = x(n'^2 - 1) + (1 - x)(n^2 - 1)$$

x étant la proportion de fraude sur la quantité.

L'équation précédente se simplifie et devient

$$(1) \quad N^2 - 1 = n^2 - 1 + x(n'^2 - n^2).$$

Or, l'expérience nous donne

$$eN - en = K\lambda,$$

d'où

$$(2) \quad N^2 = n^2 + \frac{2K}{e}\lambda$$

Comparant (1) à (2), il vient

$$x (n'^2 - n^2) = \frac{2 K}{e} \lambda$$

et enfin

$$x = K \left[\frac{2 \lambda}{e} \cdot \frac{1}{n'^2 - n^2} \right]$$

D'après cette formule, on voit que x est proportionnelle à K , quand on opère dans les mêmes conditions.

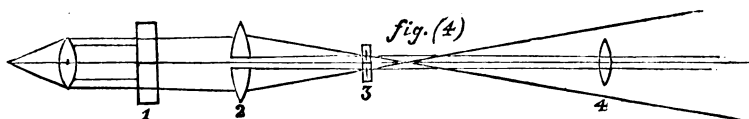
Cela posé, voici la description de l'oléoscope (*fig. 4*) :

1° Deux tubes égaux en longueur, fermés, juxtaposés. Contre les extrémités soigneusement rodées on a appliqué des glaces parallèles bien pures ;

2° Appareil producteur des franges, ce sont les demi-lentilles de Billet ;

3° Compensateur de Billet, convenablement gradué, donnant K ;

4° Loupe qui grossit le phénomène.



Quand on veut se servir de cet appareil pour déterminer la proportion x d'huile fraudée, on opère comme il suit :

On commence par produire le système des franges, les deux tubes étant vides, et on arrête le fil réticulaire de la loupe sur la frange centrale. On remplit ensuite l'un des tubes avec l'huile type, le second avec l'huile fraudée, les franges disparaissent ou sont déplacées ; par le jeu du compensateur, on les rétablit dans leur fonction primitive ; on note la course du compensateur et la table donne la proportion cherchée.



NOUVELLE MÉTHODE

POUR LA

DÉTERMINATION D'UNE PERTE DANS UN CABLE SOUS-MARIN

Par M. Émile LACOINE

Chef du bureau d'Études des télégraphes Ottomans.

Les méthodes employées jusqu'à ce jour sont peu précises, surtout lorsque le câble n'est pas rompu et que la perte permet encore de communiquer entre les bureaux extrêmes. En effet, la polarisation qui se produit au point de la perte fausse les résultats; l'on ne peut tenir compte de l'influence des courants naturels qui circulent dans le câble. Tous ceux qui ont eu à déterminer une faute de cette nature en connaissent les difficultés.

La méthode que je présente est une combinaison de celle que j'ai publiée sur *la détermination des constantes voltaïques* (voir le *Journal Télégraphique* de Berne du 25 janvier 1873) et des procédés indiqués par Latimer Clark, dans un travail intitulé : *On a voltaïc standard of electro-motive force*, (voir *Proceedings of the Royal Society*, vol. XX, p. 444, 1872). J'évite l'influence de la polarisation au point défectueux, et celle due à la présence des courants naturels. J'obtiens la distance du point défectueux, sans avoir recours à des comparaisons faites avec des essais précédents. On n'a donc pas de supposition à faire sur la température du câble, et par suite sur sa conductibilité au moment des recherches. Cette méthode est de plus indépendante des variations qui peuvent se produire dans les forces électro-motrices ou dans les résistances des piles employées.

Elle me paraît donc réunir des conditions d'exactitude qui dépassent celle que l'on peut obtenir par les autres méthodes dans le cas indiqué, lequel est du reste un des plus difficiles.

Je vais exposer théoriquement cette méthode, ensuite j'examinerai les moyens à employer pour son exécution pratique.

Pour le moment, il suffit de faire observer que les essais sont faits simultanément aux deux extrémités du câble.

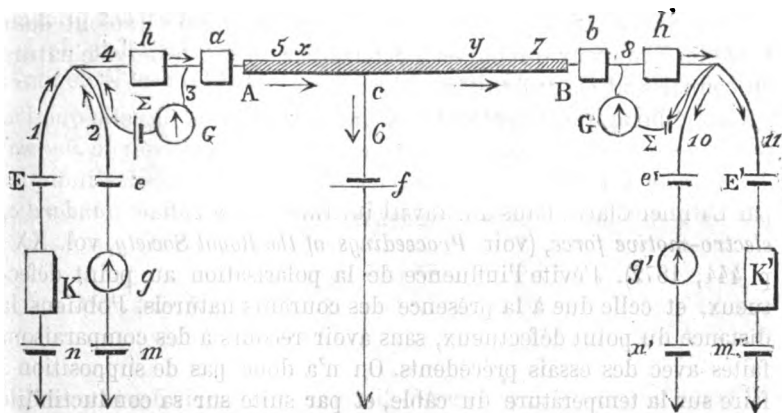
Soient : A B le câble et C le point défectueux,

K, h , a et K', h' , b , des rhéostats. K et K' étant à variation continue et à graduation arbitraire, ou même sans graduation, h h' formés de manière à pouvoir prendre à volonté une résistance fixe et déterminée d'avance, ou son double, a et b deux rhéostats à variation continue et gradués en mêmes unités.

G g , et G' g' des galvanomètres Thomson.

Σ et Σ' des piles formées chacune d'un élément étalon de Latimer Clark et par suites égales. e et e' des piles formées aussi avec des éléments du type Latimer Clark. E et E' des piles quelconques d'une force électro-motrice totale, supérieure à celle de e et e' . Les piles E et E' sont les seules qui produisent du courant et du travail.

Enfin m n et m' n' représentent les forces électro-motrices naturelles qui peuvent se développer et agir sur le câble.



Les piles étant disposées comme l'indique la figure, c'est-à-dire de manière à ce que les courants émis par e et e' s'ajoutent dans le câble et qu'ils soient opposés à leurs correspondants émanés de E et E' ou de Σ et Σ' , ou a , d'après les lois de Kirchhoff, les relations suivantes ; en appelant i , les intensités, et r , les résistances correspondantes à chaque partie du circuit :

$$\begin{array}{ll}
i_1 + i_2 + i_3 = i_4 & i_2 r_2 + i_4 r_4 + i_5 r_5 + i_6 r_6 = n + e + f \\
i_3 + i_5 = i_4 & i_3 r_3 + i_4 r_4 = \Sigma \\
i_6 + i_7 = i_5 & \\
i_7 + i_9 = i_8 & i_{10} r_{10} + i_8 r_8 + i_7 r_7 - i_6 r_6 = n' + e' + f \\
i_9 + i_{10} + i_{11} = i_8 & i_8 r_8 + i_9 r_9 = \Sigma'
\end{array}$$

Pour qu'il n'y ait pas de polarisation en 6, il faut que ce courant soit nul, posons donc :

$$i_6 = 0$$

il en résulte

$$i_5 = i_7$$

Il faut donc, pour éviter la polarisation, s'arranger de manière à avoir en A et B des intensités égales. Pour cela, on fait $\Sigma = \Sigma'$, ce qui du reste, existe déjà, et l'on introduit en h et h' deux résistances choisies convenablement, puis on modifie a et b de manière à ramener les galvanomètres G et G' à zéro degré. Ceci obtenu, on a :

$$i_3 = 0 \quad \text{et} \quad i_9 = 0$$

De plus, pour n'avoir pas à tenir compte de la résistance des piles E et E', qui entreraient dans le calcul, et pour éviter les effets de la variabilité de leurs forces électro-motrices, on modifie K et K' de manière à ramener également g et g' à zéro, on a alors :

$$i_2 = 0 \quad \text{et} \quad i_{10} = 0$$

De sorte que les relations précédentes deviennent :

$$\begin{array}{ll}
i_1 = i_4 = i_8 = i_7 = i_5 = i_{11} = I & \\
I(r_4 + r_8) = n + e + f & I(r_8 + r_7) = n' + e' + f \\
I \cdot r_4 = \Sigma & I \cdot r_8 = \Sigma'
\end{array}$$

Il faut donc que $r_4 = r_8$, c'est-à-dire que, pour avoir des intensités égales, il faut faire $h = h'$. Il est visible que h n'est autre que r_4 . De ces équations on tire

$$\frac{n + e + f}{h + r_8} = I \qquad \frac{n' + e' + f}{h + r_7} = I$$

Après avoir réalisé ces conditions, on répète la même opération en réduisant le courant circulant à la moitié de sa valeur. Pour cela, il

suffit de doubler h et de faire varier les rhéostats a et b , une fois les galvanomètres à zéro, on a de nouveau :

$$\frac{n + e + f}{2h + R_5} = \frac{I}{2}$$

$$\frac{n' + e' + f}{2h + R_7} = \frac{I}{2}$$

De ces quatre relations on tire les deux suivantes :

$$2r_5 = R_5$$

et

$$2r_7 = R_7$$

on a d'ailleurs

$$r_5 = a + x$$

$$R_5 = A + y$$

$$r_7 = b + y$$

$$R_7 = B + y$$

A et B étant les nouvelles valeurs des rhéostats a et b , d'où il suit :

$$x = A - 2a$$

et

$$y = B - 2b$$

Si l'on a opéré de manière à ce que les essais se suivent immédiatement, afin d'éviter la variation qui pourrait se produire dans les forces électro-motrices naturelles n , n' et f , on a un résultat indépendant des piles agissantes, de la polarisation au point défectueux et de la présence des courants naturels.

D'un autre côté, soit l la longueur du câble et d la distance du point défectueux du côté AC, on a évidemment

$$\frac{l - d}{d} = \frac{y}{x}$$

d'où l'on tire enfin pour la distance cherchée

$$d = \frac{l(A - 2a)}{A + B - 2(a + b)}$$

OPÉRATION PRATIQUE.

Ces séries d'opérations peuvent paraître longues et difficiles, mais il n'en est rien, surtout si l'on connaît déjà approximativement l'endroit du défaut et si l'on a fait $e = e'$, car on peut déterminer à peu près les valeurs qu'il faudra donner aux rhéostats a et b dans les

deux essais successifs, et l'on amènera alors plus facilement et plus promptement les galvanomètres G et G' à zéro.

A chaque extrémité du câble, il faut un électricien et un aide. Ce dernier est chargé de la manœuvre du rhéostat K et n'a rien autre à faire que de le tourner lentement, à droite ou à gauche, pour maintenir le galvanomètre g à zéro.

L'électricien, de son côté, agit sur le rhéostat a , après avoir mis pour h une valeur convenable et déterminée d'avance ; il cherche ainsi à maintenir le galvanomètre G à zéro.

Pour procéder aux essais, une fois tout convenu, h déterminé et le galvanomètre g à zéro, on envoie les deux courants, alors les galvanomètres G et G' dévient. On tourne alors lentement de chaque côté les rhéostats a et b jusqu'à ce que les galvanomètres G et G' reviennent à zéro.

Supposons que l'électricien placé en G soit celui qui commande l'opération, lorsqu'il verra son galvanomètre rester à zéro pendant quelques instants, cela indiquera que celui en G' est aussi à zéro et que l'on ne modifie plus le rhéostat b . Ceci une fois constaté, il change h en $2h$, ce qui fait dévier les deux galvanomètres et sert de signal pour G' , qui doit aussi changer immédiatement h en $2h$. Alors, de chaque côté, l'on ramène les galvanomètres à zéro, comme précédemment. Enfin, on échange les nombres trouvés sur les rhéostats aux moments les plus rapprochés du changement de h en $2h$. On peut répéter plusieurs fois les mêmes opérations afin de prendre des moyennes.

Si l'on veut connaître la valeur de la perte, il sera facile, connaissant la distance, de la déterminer par une des méthodes connues.

CONSTANTINOPLE, 5 Mai 1875.

ÉMILE LACOINE.

RAPPORT

DE LA

Commission chargée de faire des essais sur la résistance à l'écrasement
des briques en laitiers de MM. A. SAVOURNIN & C^e

Cette Commission, réunissant trois Architectes désignés par la section d'Architecture, et deux Ingénieurs désignés par le bureau de la Société, fut composée de :

M^r VILLOT, Ingénieur des Mines,
M^r BARRET, Ingénieur aux Docks,
M^r L. CAHIER, Architecte, Président de la section
d'Architecture,
M^r RICHAUD, Architecte, membre de la section,
M^r E. BOUSQUET, secrétaire de la section.

Les membres composant cette commission se réunirent à l'usine de Séon-Saint-André le 4 mars de cette année, et commencèrent leurs opérations, qui furent consignées sur des registres tenus à double.

Après plusieurs séries d'expériences, faites ce jour là, le 10 mars et le 10 juin, M. Léon Cahier fut chargé, comme rapporteur, d'en dresser le procès-verbal.

En conséquence, nous soussigné rapporteur désigné, avons dressé le présent rapport comme précède et comme suit.

L'appareil mis à notre disposition le 4 mars était un levier en fer pouvant produire une pression maximum de 6000 kil. Nous commençâmes par essayer des briques nouvellement fabriquées pour voir l'influence du temps sur la résistance de ces produits,

Les résultats de ces premiers essais sont consignés dans le tableau suivant :

Les essais n^o 1 et 2 ont été faits sur des briques sortant du moule. Nous arrêtàmes ce jour là nos expériences au n^o 18. Les essais n^o 19 à 29 furent faits le 10 mars.

N ^o D'ORDRE	DÉSIGNATIONS	PARTIE des tas ou a été pris l'échantillon	AGE
4	Brique de 24/40/7, machine Funel (1). . . .	—	0,0
2	» » »	—	»
3	» » » (2). . . .	3 ^{me} rang	62 jours
4	» » »	»	»
5	» » »	»	»
6	» » »	»	»
7	» » »	2 ^{me} rang	»
8	» » »	»	»
9	» » machine Devaux	—	4 mois
40	» » machine Funel	2 ^{me} rang	62 jours
41	» » »	»	»
42	» » » (3). . . .	3 ^{me} rang	»
43	» » »	4 ^{er} rang	»
44	» » »	»	»
45	» » » (4). . . .	»	»
46	» » »	»	»
47	» » à la mer depuis un an.(5)	—	1 an
48	» » machine Funel	4 ^{er} rang	62 jours
49	» » »	»	127 jours
20	» » »	»	»
24	» » »	»	»
22 à 26	» » » (6). . . .	»	»
27	» » »	5 ^{me} rang	»
28	» » »	»	»
29	» » » (7). . . .	»	»

(1) 1 seule pression par dessus.

(2) Nul.

(3) Nul.

(4) Les faces n'étaient pas bien parallèles.

(5) Echantillons imparfaits de forme.

(6) Nuls.

(7) Nuls.

SENS de LA COMPRESSION	DIMENSION de L'ÉCHANTILLON	SURFACE en Centimètres	POIDS			
			de		qui a produit l'écrasement	
			l'échantillon en kil.	Mètre cube.	de l'échantillon	par centimètre ²
à plat	40×40	400	2,03	4384	620	6,20
»	»	»	»	»	500	5,00
»	40×6,5	65	1,77	4204	—	—
»	40×6,25	62,5	»	»	880	12,48
»	40×7	70	»	»	4060	15,14
de champ	6,8×6,8	46,24	»	»	680	14,70
à plat	40×6,6	66	»	»	4020	15,40
»	40×7	70	»	»	4440	16,28
»	40×7	70	inconnu	inconnu	4500	64,30
»	40×7	70	4,77	4204	4020	14,57
de champ	7×7	49	»	»	680	13,88
»	6,8×6,8	46,24	»	»	—	—
à plat	40×7	70	4,75	4490	4560	22,28
»	40×7	70	»	»	4520	21,71
de champ	7×7	49	»	»	740	15,20
à plat	»	»	»	»	4640	23,43
»	6×6	36	inconnu	inconnu	4240	34,40
de champ	7×7	49	4,75	4490	880	17,95
à plat	40×6,9	69	4,67	4433	2000	28,98
»	7×6,9	48,3	»	»	4480	24,43
de champ	7×7	49	»	»	4400	22,44
—	—	—	»	—	—	—
à plat	40×6,8	68	4,87	4269	4660	24,41
»	40×7	70	»	»	4300	18,57
»	40×6,8	68	»	»	—	—

Ces expériences faites le 10 Mars, nous ont fait reconnaître que le levier ne fonctionnait pas d'une manière convenable, et nous pensâmes aussi que l'irrégularité des échantillons sciés à la main contribuait aux écarts observés dans les essais.

Nous proposâmes alors l'installation d'une presse hydraulique assez puissante pour écraser des briques entières, ce qui exigeait une pression d'environ 40,000 kilog. et nous ajournâmes nos opérations jusqu'à l'époque de l'installation de cet appareil.

Le dix Juin, nous nous réunîmes à l'usine de Séon-Saint-André où Messieurs A. SAVOURNIN et C^e, avaient organisé une presse sterhydraulique munie d'un manomètre système Gott.

N ^o D'ORDRE	DÉSIGNATION	PARTIE du tas ou a été pris l'échantillon	AGE
30	Brique de 21/10/7, machine Devaux (4) . . .	extérieur	82 jours
31	» » »	»	»
32	» » »	»	»
33	» » »	»	»
34	» » »	»	»
35	» » »	»	»
36	» » »	»	»
37	» » »	»	»
38	» » »	»	»
39	» » »	»	»
40	» » »	centre	»
41	» » »	»	»
42	» » »	»	»
43	» » »	»	»
44	» » »	»	»
45	» » »	»	»
46	» » »	»	»
47	» » »	»	»
48	même brique, même machine	extérieur	140 jours
49	» » »	»	»

(4) Composition : 1 partie chaux de la Bedoule, 2 parties laitier.

Depuis nos expériences du mois de Mars, la fabrication des briques avec la machine Funel avait été abandonnée, et on ne fabriquait plus qu'avec la machine Devaux à double pression; nous nous occupâmes donc de ces produits, qui sont les seuls que Messieurs A. SAVOURNIN et C^e livrent maintenant; cependant, pour servir de comparaison, nous fîmes quelques essais sur des briques qui restaient de l'ancienne fabrication avec la machine Funel; elles sont consignées dans le tableau sous les numéros 64 à 75 (2^{me} tableau).

SENS de LA COMPRESSION	DIMENSIONS de L'ÉCHANTILLON	SURFACE en Centimètres	POIDS				
			de l'échantillon en kil.	du mètre cube.	qui a produit l'écrasement	par Cent ²	Moyenne
à plat	21×10	210	2,00	4360	45000	71,43	77,46
»	»	»	»	»	47800	84,76	
»	»	»	»	»	46000	76,49	
de champ	21×7	147	»	»	5000	34,00	41,94
»	»	»	»	»	7000	47,62	
»	»	»	»	»	6500	44,20	
par bout	10×7	70	»	»	4900	27,14	26,71
»	»	»	»	»	850	12,14	
»	»	»	»	»	2400	34,29	
»	»	»	»	»	1700	24,28	
à plat	21×10	210	2,342	4572	30000	442,85	457,14
»	»	»	»	»	33000	457,14	
»	»	»	»	»	36000	471,43	
de champ	21×7	147	»	»	11500	78,23	74,83
»	»	»	»	»	9400	63,35	
»	»	»	»	»	12200	82,99	
par bout	10×7	70	»	»	5000	71,43	60,00
»	»	»	»	»	5600	48,57	
par bout	10×7	70	2,425	4434	5000	71,43	75,71
»	»	»	»	»	5600	80,00	

N° D'ORDRE	DÉSIGNATION	PARTIE du tas ou a été pris l'échantillon	AGE
50	même brique, même machine	extérieur	140 jours
51	» »	»	»
52	» »	»	»
53	» »	»	»
54	» »	»	»
55	» »	»	»
56	» »	centre	»
57	» »	»	»
58	» »	»	»
59	» »	»	»
60	» »	»	»
61	» »	»	»
62	» »	»	»
63	» »	»	»
64	même brique, même machine (1).	tas remanié	156 jours
65	» »	»	»
66	» »	»	»
67	même brique, machine Funel (2).	centre	140 jours
68	» »	»	»
69	» »	»	»
70	» »	»	»
71	» »	»	»
72	» »	»	»
73	même brique, machine Funel (3).	centre	1 an
74	» »	»	»
75	» »	»	»

(1) Même composition.

(2) 1 Partie de chaux de la Nerthe, 2 parties de laitier.

(3) 1 Partie de chaux de la Bédoule, 2 parties de laitier.

SENS de LA COMPRESSION	DIMENSIONS de L'ÉCHANTILLON	SURFACE en Centimètres	POIDS				
			de l'échantillon en kil.	du mètre cube.	qui a produit l'écrasement	par Cent ³	Moyenne
de champ	21×7	147	2,125	1434	12800	87,70	93,88
»	»	»	»	»	16300	110,88	
»	»	»	»	»	12200	83,00	
à plat	21×10	210	»	»	26200	124,77	134,44
»	»	»	»	»	28000	133,33	
»	»	»	»	»	30500	145,24	
»	21×10	210	2,187	1489	34000	161,90	154,72
»	»	»	»	»	32000	152,27	
»	»	»	»	»	31500	150,00	
de champ	21×7	147	»	»	15000	102,04	95,46
»	»	»	»	»	14900	101,36	
»	»	»	»	»	12200	83,00	
par bout	10×7	70	»	»	5500	78,57	75,00
»	»	»	»	»	5000	71,43	
à plat	21×10	210	2,067	1407	38000	180,95	144,44
»	»	»	»	»	28000	133,33	
»	»	»	»	»	25000	119,04	
à plat	21×10	210	2,00	1341	41000	52,38	49,20
»	»	»	»	»	13000	61,90	
»	»	»	»	»	9000	42,85	
»	»	»	»	»	10500	50,00	
»	»	»	»	»	11000	52,38	
»	»	»	»	»	7500	35,71	
à plat	21×10	210	2,06	1381	15000	71,42	77,77
»	»	»	»	»	16000	76,19	
»	»	»	»	»	18000	85,71	

CONCLUSIONS

Il résulte, de ce tableau, que les briques fabriquées avec la machine Funel à une seule pression ont donné, après 140 jours de fabrication, une résistance moyenne de 49 kil. 20 par centimètre carré, et après un an leur résistance a été de 77 kil. 77.

La machine Devaux à double pression a donné des résultats bien supérieurs; les briques fabriquées avec cette machine, à 82 jours seulement d'âge, ont présenté les résistances suivantes :

Briques prises à l'extérieur du tas, poids 2 kil.

Résistance par bout	kil.	26,71
» de champ	»	41,94
» à plat	»	77,46

Briques prises au centre du tas, poids 2 kil. 312.

Résistance par bout	kil.	60,00
» de champ.	»	74,85
» à plat	»	157,14

On remarquera que les briques prises au centre pesaient 2 kil. 312 et que celles prises à l'extérieur ne pesaient que 2 kil., la résistance à plat des premières a été le double de celle des secondes.

Les mêmes briques, après 140 jours de fabrication, ont donné les résultats suivants :

Briques prises à l'extérieur du tas, poids 2 kil. 125.

Résistance par bout	kil.	75,71
» de champ.	»	93,86
» à plat.	»	134,44

Briques prises au centre du tas, poids 2 kil. 187.

Résistance par bout	kil.	75,00
» de champ	»	95,46
» à plat	»	154,72

Cette dernière résistance a été le double de celle des briques d'un an fabriquées à une seule pression (essais 73 à 75).

Nous devons dire que dans toutes les expériences ci-dessus nous avons consigné les pressions qui ont produit la rupture des échantillons, mais sous ces pressions les briques n'étaient pas complètement détruites, et chaque fragment était encore doué d'une grande résistance, ce qui permet de considérer ces résultats comme indiquant des résistances *minima*.

Fait à Marseille, le 3 Juillet 1875.

Le Rapporteur de la Commission,

LÉON CAHIER.

RAPPORT

De la Section de Mécanique sur la chaudière garnie de disques

SYSTÈME LUGAND

Par M. BARRET, Vice-Président



Dans les expériences que nous avons exécutées sur la chaudière verticale à foyer intérieur, à tube Field, dans laquelle M. Lugand a placé les obturateurs de son système, nous avons obtenu des résultats si faibles, que je n'avais pas cru devoir adresser un rapport à la Société Scientifique et Industrielle, qui m'avait délégué pour suivre ces expériences.

Pour bien apprécier la valeur des obturateurs de M. Lugand, nous avons essayé la chaudière :

- 1° Avec les pendentifs Field ;
- 2° Sans les pendentifs ;
- 3° Sans les pendentifs et avec les obturateurs.

Chaque expérience dura trois heures ; on brûla du lignite du Rocher-Bleu ; l'échappement de la vapeur se faisait sous pression (de 3 à 4 atmosphères).

Voici les résultats obtenus :

	1° Avec les tubes Field 10 janv. 1875.	2° Sans pendentifs 24 janv. 1875.	3° Avec obturateurs 7 fév. 1875.
Surface de chauffe.....	6 ^{m3}	3 ^{m3}	3 ^{m3}
Eau vaporisée	611 ^k	520 ^k	440 ^k
Charbon consommé ...	120.—	150.—	140.—
Eau vap. par kil	4.07	3.47	3.14

On voit que si avec les obturateurs on a brûlé 10 kil. en moins, on a eu, par contre, une production bien plus faible que dans les deux autres cas; car, pour 150 kil. de charbon, la quantité d'eau vaporisée ne se serait élevée qu'à $\frac{150 \times 440}{140} = 471$ kil., au lieu de 520 et 611 obtenus dans les deux autres cas, pour cette même consommation de 150 kil. de charbon.

On voit également que la quantité d'eau vaporisée par kil. de houille a été de 4 kil. 07 avec les tubes, tandis qu'elle ne s'est élevée qu'à 3 kil. 47 et à 3 kil. 14 avec les obturateurs.

BARRET.

COMPTES-RENDUS

DES

SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE INDUSTRIELLE



Séance Mensuelle du 8 Avril 1875.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance qui est adopté.

Le PRÉSIDENT annonce que la Société a reçu de l'Union des Charbonnages de Liège une réponse au mémoire de M. Gustave Dumont sur les affaissements du sol produits par l'exploitation houillère, et le rapport de M. Habets sur le meeting de Barrow in Furness; de M. Croullebois, son discours de réception à l'Académie de Marseille.

M. DIEULAFAIT annonce qu'il a trouvé en la personne de M. André, chimiste, l'inventeur d'un procédé qui colore l'huile d'olive en vert émeraude, il l'a vérifié en faisant des mélanges d'huile d'olive avec 10 % de Sésames, avec 10 % de coton, 10 % d'arachides et 10 % d'œillette, le réactif a toujours décélé la fraude en même temps qu'il a signalé la présence de l'huile d'olive.

Il suffit de mettre 4 ou 5 grammes d'huile dans un flacon, d'ajouter quelques gouttes de réactif et de laisser déposer.

M. DIEULAFAIT demande que la Société nomme une commission chargée de vérifier le procédé.

M. J. Roux demande si c'est un produit chimique nouveau et breveté que l'auteur ait l'intention de vendre, ou si M. André a l'intention de faire lui-même les essais du commerce après que son procédé aura été reconnu bon; dans les deux cas le rôle de la commission serait assez délicat.

M. DIEULAFAIT ne connaissant pas les intentions de l'inventeur, la Société renvoie l'examen de la question à la section de chimie qui s'occupe actuellement de l'analyse des huiles.

M. REYNÈS fait la description d'une substance minérale plombifère rapportée du sud de l'Espagne par M. Desmonts, ingénieur des mines.

Cette substance, dont M. Desmonts ne connaît ni le gisement précis, ni la localité, se présente en petites masses; elle est jaunâtre, d'aspect de cire, cassante, se réduisant facilement en poudre. — Elle a une saveur sucrée et styptique, sa densité prise dans l'huile et rapportée à l'eau est de 3,649. Elle est soluble dans l'eau, l'éther et l'alcool. On obtient de petits cristaux en dissolvant cette substance dans l'alcool, ses solutions présentent toutes les réactions des sels de plomb : précipité noir par les sulfures et l'acide sulfhydrique, jaune intense par les chromates de potasse, l'iodure de plomb, etc., etc.

Traitée au chalumeau sur le charbon, la matière prend feu et se fond, puis subit une réduction et l'on voit alors apparaître de petits globules de plomb métallique. Une analyse par voie sèche a donné 60 % de plomb métallique. Soumise dans un appareil distillatoire à l'action de l'acide sulfurique, elle donne de l'acide acétique reconnaissable à son odeur. Traitée par le même acide et un peu d'alcool, elle dégage immédiatement de l'éther acétique.

Ces diverses réactions permettent donc d'affirmer que l'on a affaire à un acétate de plomb impur, sali par des matières organiques, c'est-à-dire à une sorte de pyrolignite de plomb.

Il est à espérer que M. Desmonts, qui a découvert cette substance, voudra avant peu nous renseigner sur le gisement d'un minéral si nouveau et si intéressant.

M. Jules Roux rappelle l'extrême sensibilité de l'acide chlorhydrique sucré, qui décèle la présence de l'huile de sésame par une coloration rose des plus tranchées. Vous savez, dit-il, que M. Behrens a proposé l'emploi de dix grammes d'un mélange à poids égal d'acide sulfurique et d'acide azotique pour dix grammes d'huile afin de reconnaître la présence du sésame dans les autres huiles. M. Behrens obtient ainsi une coloration vert-pré-foncé. Tout en se servant des mêmes acides que M. Behrens, par un dosage différent et en faisant réagir successivement les acides, au lieu de les faire réagir à l'état de mélange, M. Baudoin arrive à un résultat précisément opposé.

L'huile de sésame à essayer étant à 12 ou 15° de température, il en mesure 10 cent. c dans un tube d'environ 12 cent. Il verse deux gouttes d'acide sulfurique à 66° et il agite pendant une minute. Il ajoute 2 gouttes d'acide chlorhydrique et il agite de nouveau pendant une

minute. Enfin il verse 5 gouttes d'acide nitrique à 36° et agite pendant une minute. Après 15 ou 20 minutes environ, l'huile de sésame pure se colore en vert foncé, puis passe au rouge vif. Quand elle est mélangée, aucune coloration ne se produit. Vous serez peut être étonnés de l'intervention de l'acide chlorhydrique. M. Baudoin ne lui fait jouer ici d'autre rôle que celui d'atténuer en quelque sorte l'énergie avec laquelle l'acide sulfurique pur attaque la matière colorante du sésame et l'on pourrait très-bien le remplacer, si l'on voulait, par une solution alcaline. C'est ce qui nous a amenés, avec M. Caillol, à substituer aux acides purs les acides étendus de Crasse Calvert et à supprimer ainsi l'intervention de l'acide chlorhydrique ou de la solution alcaline. Nous avons choisi l'acide sulfurique à 1.53 de densité et l'acide nitrique à 1.22. En les faisant réagir sur les huiles commerciales, nous avons remarqué que l'acide sulfurique produit en général des colorations verdâtres, mais que l'acide nitrique peut servir à diviser les huiles en *huiles colorables* et en *huiles non colorables*. Si on introduit une huile non colorable dans une huile colorable la teinte produite est plus faible; elle diminue en raison directe de la proportion d'huile étrangère introduite, et elle finit par ne plus se produire du tout. Ainsi en traitant 5 volumes d'huile de sésame par un volume d'acide azotique à 1.22, on obtient une coloration rouge clair; si on mélange la même huile à 15 % d'huile de coton, arachide ou Niger; la coloration produite ne sera plus que rose. Si la proportion d'huile étrangère augmente, la coloration disparaît complètement. Ces observations fournies par la pratique, nous ont amenés à opérer comme suit pour les huiles de sésame : nous versons dans un tube d'essai 10° d'huile de sésame à une température de 10 à 15°; avec le compte-goutte Lebègue, nous versons 6 gouttes d'acide sulfurique à 53° Beaumé (ce qui correspond à une densité de 1,53) et nous agitons pendant une minute. L'huile prend une couleur blanchâtre due à l'émulsion de l'acide. Nous ajoutons 6 gouttes d'acide nitrique à 28° Beaumé (ce qui correspond à une densité de 1.22). L'huile prend d'abord une coloration gris-pâle, puis verte, puis enfin *rouge infusion de safran*. Si l'huile de sésame est mélangée avec une huile étrangère dans des proportions appréciables, telles que coton, arachides, Niger et même olive, cette réaction ne se produit pas ou ne se produit que très-lentement quand le mélange est au-dessous de 10 %.

M. ESTRANGIN donne lecture du projet de statuts pour l'établissement d'une Section de Géographie Commerciale. M. le Président explique que le Bureau, saisi de la question et frappé de certaines objections présentées par divers membres, considérant d'ailleurs que

le projet soulève une question financière digne d'attention, a résolu de soumettre ce projet à la Société en séance générale. Le Bureau est d'avis que le projet est acceptable en principe, et sous la réserve de certaines modifications.

M. LOMBARD fait observer que le projet donnerait aux membres de la Section de Géographie les mêmes droits qu'aux membres de la Société, pour une cotisation infiniment plus faible : que cette cotisation elle-même devant, d'après le projet, être employée en majeure partie à des frais spéciaux à la Section de Géographie, il en résulterait pour les autres membres de la Société une inégalité choquante. Donner à notre Société une vitalité plus grande et un champ d'action plus vaste en y admettant les commerçants proprement dits, et en y créant des sections qui les intéressent, c'est peut-être une bonne chose : mais alors, que le commerce entre dans la Société par la même porte que les autres membres, et paie la même cotisation. M. Dufour dit qu'il existe déjà dans la Société des Sections spéciales que chacune travaille sur le fonds commun qu'elle alimente d'une façon uniforme par des cotisations égales pour tous. La Section de Géographie ne peut-elle fonctionner de la même manière ? Diminuer la cotisation pour les membres de la Société de Géographie, c'est engager tous les nouveaux membres qui voudraient se présenter à se faire recevoir comme membres de la Section de Géographie, même certains membres actuels à démissionner. Les statuts proposés sont longs, soulèvent des questions importantes. On ne peut, séance tenante, en voter en bloc l'acceptation : il faut les examiner, et une commission devrait être nommée dans ce but.

M. CAHIER appuie cette proposition.

M. de RETZ demande si les Géographes auraient droit d'entrée à toute heure dans la bibliothèque, il ne pense pas qu'il en puisse être ainsi.

M. Jules Roux répond que notre bibliothèque n'a qu'à gagner à cette combinaison par l'acquisition de livres nouveaux dont la Section de Géographie ferait les frais.

M. CAHIER propose, à l'occasion de cette affaire, d'étudier à nouveau la question déjà soulevée d'autrefois, de la suppression du droit d'entrée et de l'abaissement des cotisations.

M. PÉTIN est frappé de la nouveauté de la proposition.

La réussite du projet ouvrirait une nouvelle source de prospérité ; sa non réussite amènerait la fin de notre Société.

M. J. Roux ne partage pas l'avis de M. Pétin. Si la Section de Géographie ne réussissait pas elle mourrait de sa belle mort, mais

laisserait à la Société Scientifique, sur laquelle elle serait greffée, toute sa vitalité.

M. ESTRANGIN cite, avec preuves à l'appui, l'exemple de quelques sociétés de géographie vivant, dans diverses villes, d'une manière analogue à celle qui est proposée.

M. le PRÉSIDENT désire que la question soit résolue à la satisfaction de tous. Mais en présence des objections soulevées, il propose que les Membres qui ont des observations à présenter et qui ne font pas partie du Bureau, notamment MM. de Retz et Dufour, assistent à la prochaine réunion du Bureau pour examiner à nouveau la question. Cette proposition est adoptée.

Ont été reçus Membres fondateurs :

MM. DEISS, Gustave, fabricant de sulfure de carbone, présenté par

MM. J. Roux et Rouffio

PELLISSIER, Joseph, architecte, présenté par MM. Cahier et Dufour.

Séance mensuelle du 13 Mai 1875.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, qui est adopté.

Le Président annonce que la Société a reçu de M. PAUL Amédée, à Bône, une collection de Minerais.

de MM. SOIRON et CHAVE, leur rapport sur l'Exposition Universelle de Vienne 1873 :

de M. Jules Roux, sa brochure sur la Savonnerie Marseillaise.

M. SERMENT fait une communication sur un appareil qu'il a inventé pour permettre aux ouvriers de travailler sans inconvénient dans un milieu irrespirable.

Cet appareil, très-léger et d'un petit volume, a le grand avantage de rendre l'ouvrier qui s'en sert tout à fait indépendant. Il se compose :

1° D'une boîte de fer blanc portant deux tubulures, une à laquelle vient s'adapter un tuyau en caoutchouc qui va chercher l'air pur jusqu'à une distance maximum de 10 mètres ; l'autre, qui reçoit le tuyau en caoutchouc mettant l'appareil en communication avec la bouche.

A l'intérieur de la boîte se trouvent deux soupapes formées par des lames de caoutchouc, l'une s'ouvrant de l'extérieur à l'intérieur au moment de l'aspiration pour donner passage à l'air pur et se fermant à l'expiration.

La seconde soupape agit en sens inverse pour donner passage à l'air expulsé des poumons.

Une seconde partie de l'appareil, c'est le ferme bouche ; losange en caoutchouc portant un tuyau en caoutchouc et deux appendices pour tenir entre les dents.

Enfin l'appareil est complété par un pince-nez, semblable aux pinces qui servent de presse-papiers et servant à fermer les narines.

L'appareil complet est enfermé dans un panier afin de pouvoir être facilement transporté d'un lieu à un autre.

M. SERMENT revendique la priorité pour son appareil, qui a fonctionné pour la première fois le 6 juin 1873, et a dès lors toujours été utilisé avec profit et succès.

Cet appareil a été imité à Nîmes et à Arles où les ouvriers employés à certains travaux du gaz s'en servent.

M. SERMENT a modifié son appareil pour le cas où le milieu dans lequel on est appelé à travailler n'est pas un air irrespirable, mais seulement malsain à cause des poussières qu'il tient en suspension.

Il remplace le tuyau destiné à amener l'air pur du dehors par un filtre, formé par une boîte en fer blanc remplie de coton tenu entre deux toiles métalliques et qui tamise l'air en retenant les poussières.

M. PÉTIN demande quel serait l'inconvénient résultant d'une distance supérieure à 10 mètres indiquée par M. SERMENT comme maximum d'éloignement de l'air pur au milieu duquel on est obligé de travailler et si cet appareil ne gêne pas l'ouvrier dans son travail.

M. SERMENT répond qu'une distance trop grande gênerait beaucoup la respiration à cause de la résistance que l'air rencontrerait dans les tuyaux, cependant on peut fonctionner à plus de 10 mètres en employant des tuyaux ayant plus de 20 ^{mm} de diamètre.

M. PÉTIN fait encore observer que cet appareil pourrait rendre de grands services dans différentes industries et en particulier en Sardai-

gne dans les mines de calamine, où les ouvriers ne peuvent travailler plus d'un mois à cause des poussières.

M. STAFFER donne ensuite lecture de quelques passages d'une note très-complète de M. BARRET, ingénieur de la Compagnie des Docks, sur l'aménagement et la construction des ports de commerce. Dans ce travail, qui sera publié par les soins de la Société, dans le courant de l'année, M. BARRET étudie les meilleures dispositions des môles et des magasins pour les diverses marchandises et, prenant pour exemple les principaux ports commerciaux, il étudie quelles seraient les améliorations à leur faire subir pour les rendre plus propres à la manipulation des marchandises débarquées ou embarquées.

La Société a reçu membre fondateur, M. CHEVALLIER, chimiste des salins du Midi, présenté par MM. LUGAND et DUBOST.

A l'ordre du jour se trouvait encore le Rapport de la Section de chimie. M. BOUQUET, président de la Section, s'étonne de ce que le Dépot du rapport ait été indiqué à l'ordre du jour de la présente réunion vu qu'il n'a pas encore été approuvé par la section de chimie, qui n'en a pas encore eu connaissance. Il espère qu'il pourra être déposé à la prochaine séance.

Séance mensuelle du 10 Juin 1875.

Présidence de M. ESTRANGIN.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, qui est adopté.

Le Président annonce le don par M. Barret d'une notice imprimée sur le pont tournant des bassins de radoub de Marseille, et par M. l'abbé Aoust, professeur à la Faculté des Sciences, d'une *Etude sur la vie et les travaux de Saint Jacques de Sylvabelle et le P. Pèzenas, astronomes marseillais*.

M. TERNANT présente un travail de M. Lacoine, membre correspondant, sur une nouvelle méthode pour déterminer avec exactitude

les fautes qui peuvent se produire dans les câbles sous-marins, alors même que ces fautes permettent encore de communiquer entre les deux extrémités.

Les fautes d'une nature sérieuse, comme, par exemple, la rupture du conducteur ou une fissure de l'enveloppe isolante, se reconnaissent facilement. Les fautes moindres sont plus difficiles à préciser, mais on peut toujours les présumer :

1° Lorsque la résistance métallique du conducteur à 24° cent. est moindre dans le câble submergé qu'elle ne l'était dans le câble en construction ;

2° Lorsque la charge du câble diminue ;

3° Lorsque la perte de charge du câble diminue après une minute d'isolement et dépasse 15 % de la charge instantanée, pour la gutta-percha, et 3 % de cette même charge pour le caoutchouc à 15° ;

4° Lorsque pendant l'épreuve de l'isolement, la chute de la déviation du galvanomètre est très faible entre la première et la seconde minute, et devient inférieure à 20 % pour le caoutchouc et à 4 % pour la gutta-percha à 15°.

Les fautes qui permettent encore les transmissions doivent être traitées avec le plus grand ménagement jusqu'au jour propice pour la réparation.

Si, au contraire, ces fautes sont un obstacle aux transmissions, il convient d'élargir l'endroit défectueux, afin de pouvoir le localiser avec plus de précision, et pour cela il convient de mettre le pôle zinc en communication avec le câble pendant un certain temps, parfois jusqu'à douze heures, puis de changer la direction du courant toutes les cinq minutes, de manière à ce que le câble semble brisé au-delà de la faute.

Jusqu'à présent la méthode de Blavier avait été employée presque exclusivement avec le secours des stations extrêmes successivement isolées et mises à la terre ; chacune d'elles pouvait ainsi arriver à la connaissance approximative de la résistance de la faute, et, dès lors, l'éliminer dans le calcul des distances. Mais cette résistance est toujours variable, non seulement par l'effet de polarisation naturel résultant du rapprochement de deux métaux différents, mais aussi par l'effet même des courants qui doivent être employés dans la recherche de la faute.

C'est précisément cette variation gênante que le système proposé par M. Lacoine, cherche à éviter. Sa méthode est une heureuse combinaison de celle qu'il a précédemment publiée dans le *Journal télégraphique de Berne*, et des procédés indiqués par M. Latimer Clark sur

l'étalon voltaïque de force électro-motrice ; sa méthode dispense de recourir à aucune comparaison avec des essais précédents, et n'a, par conséquent, aucune supposition à faire sur la température du câble et sa conductibilité ; elle est, en outre, indépendante des variations de force électro-motrice et de résistance qui se manifestent parfois dans les piles les mieux construites. Elle paraît donc réunir des conditions d'exactitude particulières, et permet de déterminer la faute d'un câble sans interrompre les communications.

M. TERNANT décrit ensuite le *Syphon Recorder* de sir W. Thomson, employé à Marseille pour les communications sous-marines avec Malte.

Le galvanomètre à miroir du même inventeur, employé jusqu'ici sur la ligne directe de Marseille à Malte, ne permettait pas l'enregistrement des signaux et laissait passer des erreurs.

L'enregistreur à syphon inscrit tous les signaux du miroir au moyen d'une plume légère formée d'un syphon capillaire en verre dont les mouvements sont déterminés par l'oscillation, à droite ou à gauche, d'un léger écheveau de fil conducteur placé dans un foyer magnétique intense.

Chaque fois que le courant de la ligne traverse cet écheveau, soit dans un sens, soit dans l'autre, il subit un mouvement à droite ou à gauche, et ce mouvement est transmis au syphon au moyen de guides formées de légers fils de cocon de soie.

L'encre projetée par le syphon capillaire enregistre les oscillations sur une bande de papier qui reçoit son impulsion d'un moulin électrique entraîné par une machine magnéto-électrique.

Le frottement de ce moulin détermine la production de l'électricité statique nécessaire pour opérer : le crachement de l'encre, qui n'est autre qu'une solution légère de bleu d'aniline.

La vitesse de transmission obtenue avec cet appareil est la même que celle du miroir, et monte parfois à 25 mots par minute.

On comprend tout l'avantage qui résulte d'un appareil qui permet l'enregistrement des dépêches, et qui peut, d'ailleurs, fonctionner avec des piles très faibles dont le peu d'intensité ménage considérablement la durée des câbles.

La séance se termine dans les bureaux du télégraphe anglais, où M. Ternant achève la description du nouvel appareil.

Ouvrages reçus pendant le 2^m trimestre 1875 (Échanges)

- De l'Association Scientifique de France :
Les n° 375 à 399 de son Bulletin ;
- de la Société Scientifique et Littéraire d'Alais :
Son 1^{er} Bulletin de 1874 ;
- de la Société d'Horticulture de Marseille :
Ses Bulletins de mars, avril et mai 1875 ;
- de la Société d'Agriculture de Marseille :
Ses Bulletins de janvier à avril 1875 ;
- de la Chambre de Commerce de Marseille :
1^o Comptes-rendus de la Situation commerciale et industrielle
de la circonscription de Marseille pendant les années 1871-1872
et 1873 ;
2^o Comptes-Rendus des travaux de la Chambre de Commerce
de Marseille pendant l'année 1873 ;
- de l'Association des anciens élèves de l'École Centrale :
Ses Bulletins d'avril, mai et juin 1875 ;
- de la Société des Ingénieurs civils de Paris :
Son Bulletin de décembre 1874 et ses Comptes-Rendus d'avril,
mai et juin 1875 ;
- de la Société de Géographie de Paris :
Ses Bulletins de mars et avril 1875 ;
- de la Société des Sciences Industrielles de Lyon :
Son Bulletin n° 6 de 1874 et ses Bulletins n° 1 et 2 de 1875 ;
- de la Société Industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne :
Son Bulletin n° 10 de 1874 ;
- de la Société des anciens élèves des Écoles d'Arts-et-Métiers :
Son Bulletin de janvier 1875 ;
- de l'Union des Charbonnages de Liège :
Ses Bulletins de mars, avril et mai 1875 ;
- de la Société Industrielle de Mulhouse :
Ses Bulletins de février, mars et avril 1875 et ses Comptes-
Rendus d'avril et mai 1875 ;
- des Annales Industrielles :
Ses numéros d'avril, mai et juin 1875 ;
- de la Revue Industrielle :
Ses numéros d'avril, mai et juin 1875 ;

- du Moniteur des produits chimiques :
Ses numéros de janvier à juin 1875 ;
- de l'Économiste Français :
• Ses numéros d'avril, mai et juin 1875 ;
- de la Société du fer et de l'acier de Londres :
Ses Bulletins de 1873 et 1874 ;
- de la Société Industrielle d'Elbeuf :
Ses Bulletins de mars, avril et mai 1874 ;
- de la Revue Maritime et Coloniale :
Ses numéros d'avril, mai et juin 1875 ;
- de la Société des Ingénieurs civils de Londres :
Son Bulletin n° 39 de 1875 ;
- de la Société centrale des Architectes de Paris :
Ses Bulletins de janvier, février et mars 1875
- de la Société française de photographie :
Ses Bulletins d'avril et mai 1875 ;
- de la Revue Universelle des Mines, de Ch. de Cuyper :
Ses numéros de janvier à mars 1875 ;
- de la Société des Ingénieurs électriciens de Londres :
Son 1^{er} Bulletin de 1875 ;
- des Annales du Génie civil :
Ses numéros d'avril et mai 1875 ;
- de la Société Industrielle du nord de la France :
Ses Comptes-Rendus de mars, avril et mai 1874 et son Bulletin n° 9^{bis} de 1875 ;
- de la Société Industrielle de Rouen :
Son 1^{er} Bulletin de 1875 ;
- du Musée de l'Industrie de Belgique (à Bruxelles) :
Ses Bulletins d'avril, mai et juin 1875 ;
- de la Société Industrielle et Commerciale de Troyes ;
Son Compte-Rendu de janvier 1875 ;
- de la Société des Ingénieurs des Mines de Newcastle ;
Son Bulletin de 1873 - 74.
-

La Société a reçu pendant le trimestre :

De l'Union des Charbonnages de Liège :

- 1° Réponse au mémoire de M. Gustave Dumont sur les affaissements du sol produits par l'exploitation houillère ;
- 2° Rapport de M. Habets sur le meeting de Barrow in furness ;

de M. MENIER :

Mémoire sur la pulvérisation des engrais et sur les moyens d'accroître la fertilité des terres ;

de M. E. BOSQ :

Du chauffage en général et plus particulièrement du chauffage à la vapeur et au gaz hydrogène ;

de MM. SOIRON et CHAVE :

Rapport sur l'Exposition universelle de Vienne en 1873 ;

de M. J.-C. ROUX :

De la Savonnerie Marseillaise ;

de M. TERNANT :

Devis d'entretien des conduites et ouvrages accessoires servant à la distribution des eaux de Rouen ;

de M. PAUL, Amédée, de Bône :

- 1° Une collection de minerais d'Afrique ;
- 2° Douze échantillons de liège d'Afrique ;

de M. PHILIPPART :

Lettres adressées au *Journal des Débats* et au *National* ;

de M. BIVER :

Décantation des eaux du canal, bassin de la Touloubre, par MM. de Villeneuve et de Bézaure ;

de M. l'abbé Aoust :

- 1° Étude sur le P. Pèzenas, astronome marseillais ;
- 2° Étude sur la vie et les travaux de Saint-Jacques de Sylvabelle, astronome marseillais ;

de M. BARRET :

Notice sur le pont tournant des bassins de Radoub de Marseille ;

de M. Paul SÉDILLE :

Introduction du premier volume des Annales de la Société des architectes de Paris ;

de M. CHEVALLIER :

Note sur le procédé Hargréaves pour la fabrication du sulfate de soude et de l'acide chlorydrique, par Maxwel Lyte ;

de M. FLOURNOIS, de Genève ;

Les 8^{me} et 9^{me} Rapports trimestriels du Conseil Fédéral Suisse pour le percement du Saint-Gothard ;

de M. CHEVRET :

Huit numéros de la Métallurgie.

Liste des membres reçus pendant le 2^{me} trimestre 1875.

Fondateurs : MM. DEISS, Gustave, fabricant de sulfure de carbone.

» PÉLISSIER, Joseph, architecte.

» CHEVALLIER, ingénieur-chimiste.

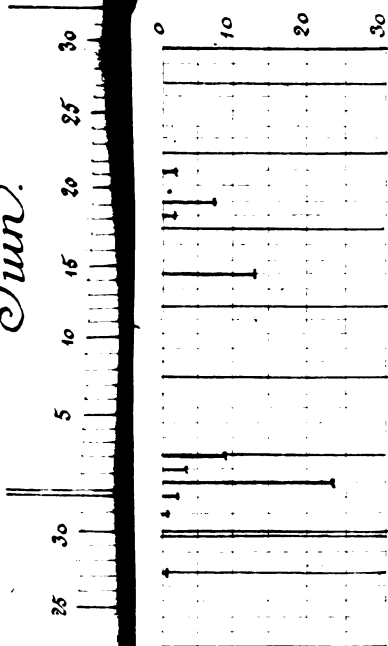
Associé : M. PRADEL, ingénieur civil, rue Nonains-d'Hyères (Paris).

L'un des Secrétaires, gérant :

F. ROUFFIO.

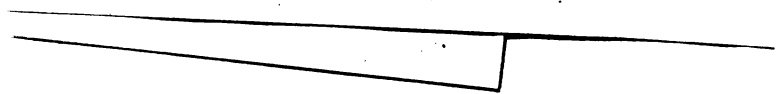
Trimestre 187

Jun.



re.





LE SIPHON-ENREGISTREUR

OU

SYPHON RECORDER DE SIR W^m THOMSOM,

pour l'échange des signaux électriques par les longs câbles sous-marins,

Par M. TERNANT

Ingénieur, Directeur du Télégraphe oriental



Sir William Thomson, Professeur de Philosophie naturelle à l'Université de Glasgow, a breveté en 1867, un appareil à siphon, qui a été décrit dans les *Annales industrielles* du 17 août 1873. Cet appareil a été perfectionné depuis, à un point tel, que l'inventeur a dû prendre en 1871, un nouveau brevet, que nous allons résumer ici, en même temps que nous détaillerons, d'après les instructions de M. J.-C. Cuff, assistant de Sir William Thomson, toutes les parties et pièces principales d'un appareil qui rend de très grands services sur les grands câbles sous-marins du réseau actuel.

Le nouvel appareil ne diffère du précédent que par sa plus grande sensibilité et son meilleur effet, on peut aussi le régler plus facilement, et l'électrification de l'encre s'opère avec plus de régularité. La principale difficulté à surmonter, était celle qu'il fallait vaincre, pour obtenir des marques parfaites d'un corps très léger mis en mouvement rapide. Ce résultat est atteint au moyen d'un siphon capillaire en verre, par l'extrémité duquel une solution légère d'anyline bleue est crachée sur la bande de papier, par l'effet d'une décharge continue d'étincelles électriques, engendrées dans une petite machine, produisant l'électricité statique, par un mouvement de rotation, et que l'on désigne dans le service par le nom de *Mouse-Mill*. Ce siphon reçoit son mouvement d'une petite bobine ou écheveau de fils fins, placé dans un foyer magnétique intense. Dans le nouvel appareil, les gros aimants sont remplacés par de forts électro-aimants constamment parcourus par un courant, fourni par une pile spéciale d'une grande intensité, que nous décrirons plus loin. L'écheveau de fil se meut li-

brement, entre les pôles de l'électro-aimant, et autour d'un morceau de fer doux fixe, qui permet de rendre l'appareil bien plus sensible, et, communique son mouvement au siphon, au moyen de fils de cocon convenablement tendus. Il est curieux de se reporter à l'origine de la télégraphie électrique et d'étudier toutes les méthodes qu'on a proposées pour la génération et l'application de l'électricité et du magnétisme ; on retrouve, en effet, parmi d'autres inventions brevetées par M. Alexander Bain, en Mai 1843, la description d'un appareil presque identique à celui dont nous nous occupons et que l'inventeur décrit dans les termes suivants : « Un écheveau rectangulaire de fils isolés
« est suspendu librement et peut osciller entre les pôles d'un aimant
« permanent en fer à cheval, ou bien de deux aimants en fer à cheval,
« dont les pôles sont opposés l'un à l'autre ; l'axe de l'écheveau étant
« maintenu à angles droits avec ceux des aimants. Les mouvements
« de l'écheveau sont produits par le renversement de la direction du
« courant électrique. »

Sir William Thomson rend son appareil plus efficace et plus facile à régler, par l'application de dérivations graduées, qui permettent d'amortir les mouvements de la bobine qui sert de guide au siphon. Cette bobine, avec son centre de fer doux, les attaches du siphon, etc., forment un système fixé à une pièce isolée, entièrement mobile, qui peut facilement se déplacer lorsqu'il est nécessaire de l'ajuster. Le réglage de la bobine des signaux se fait au moyen de l'élasticité de torsion de fils tendus, qui permettent d'obtenir une force directrice suivant qu'on les raccourcit, les allonge ou les tord.

La forme du siphon permettrait, sans doute, d'obtenir l'écoulement du fluide destiné à former la ligne continue du zéro par la simple pression atmosphérique. Toutefois, dans l'appareil que nous décrivons ici, l'encre est entraînée par la force de l'électricité statique d'une petite machine d'induction, mise en jeu par un engin électro-magnétique de construction nouvelle.

L'appareil d'induction est construit de telle sorte que l'accumulateur seul est utilisé, et que l'on se dispense de l'électrophore. Les armatures du *Mouse-Mill* sont disposées comme les douves d'une barrique et fournissent aussi les accumulateurs de l'appareil inducteur. La vitesse du moulin est réglée au moyen de dérivations et de résistances. Le mouvement du moulin est communiqué, par un arbre et des poulies, à l'appareil de déroulement du papier enregistreur. L'arbre est maintenu en place par des guides verticaux qui sont mis en mouvement par de la châsse ou corde à fouet, de façon à ne pas transmettre des vibrations.

Un commutateur de forme spéciale, (*figure 4*) planche II, permet de changer les connexions de la transmission à la réception, et l'appareil enregistreur peut, au moyen de dérivations convenables, noter aussi bien les signaux transmis que les signaux reçus.

Voici la description générale de l'appareil qui se rapporte à la planche I :

- A A A Supports en bois;
- BB Cadres de l'appareil ;
- C Tablette supportant le moulin, que l'on peut enlever de sur B B pour régler ou détacher la partie de l'appareil développée dans les figures 3 et 4 , planche I;
- D Partie inférieure du moulin contenant l'électro-aimant d'entraînement ;
- E Une des bornes de l'électro-aimant cachant celle qui se trouve derrière ;
- F Tiroir en plomb contenant de la pierre ponce et de l'acide sulfurique ;
- G Plaque triangulaire en cuivre portant le mécanisme d'entraînement du papier et ses accessoires ;
- H Ecrou fixant A sur B et permettant d'avancer ou de reculer tout le système d'entraînement du papier ;
- I Poulie située sur l'axe du cylindre de déroulement ;
- J J Arbre suspendu par les cordes et ayant une large poulie en bois à une extrémité et une roue de contre poids en plomb avec série de poulies en cuivre à l'autre bout. La corde courroie passe autour d'une poulie située derrière le moulin et sur la grande poulie de bois, l'autre corde s'enroule autour d'une des poulies en cuivre du contre poids en plomb, et sur la poulie I qui guide le papier. De la sorte, le mouvement du moulin se trouve transmis au cylindre déroulant le papier ;
- K Réservoir d'encre, mis en communication métallique avec la plaque O, mais parfaitement isolé du système par la pièce d'ébonite L, excepté la communication formée par le siphon *tt* ;
- M M Grands électro-aimants, entre les pôles desquels est suspendue la bobine des signaux S ;
- NN Demi-cylindre de fer doux, formant à la fois le lit et l'armature des électro-aimants M M ;

- O Disque en cuivre, formant le collecteur de l'électricité engendrée dans le moulin ;
- P Baguette de cuivre terminée en pointe et conduisant l'électricité recueillie par la plaque O ;
- S Echeveau rectangulaire de fils de cuivre fins isolés, formant la bobine des signaux ;
- T T Bornes terminales de la bobine des signaux auxquelles est rattaché un commutateur rayonnant sur une série de dérivations que l'on peut introduire dans le circuit et varier à plaisir. Une semblable série de dérivations se rencontre aussi dans le circuit du courant sortant, dans ce cas, il y a, dans certains appareils nouvellement construits, une troisième borne T, avec commutateur rayonnant ;
- V V V Bornes terminales de la pile, dont les deux pôles sont attachés aux deux vis extrêmes. Un fil, partant du milieu de la même pile, est attaché à la borne centrale. Les petites bornes, indiquées au dessin, servent seulement aux épreuves électriques de la pile et de la résistance des bobines ;
- V Commutateur de pile, au moyen duquel on peut envoyer la pile en entier ou par moitié, dans l'électro-aimant M ;
- W Tiroir renfermant les petits outils nécessaires pour l'appareil ;
- X Commutateur permettant d'insérer dans la machine du moulin des résistances qui varient sa vitesse de révolution.

Réglage du papier. — Le papier entre à droite et arrive sous le ressort *a*, qui le tient tendu ; puis sur le rouleau *b*, d'où il passe sur une plaque à guide légèrement convexe, *c*, qui lui donne une direction verticale vers le bas et le place immédiatement sous la pointe du siphon *tt*, jusqu'à ce qu'il atteigne le rouleau d'entraînement *d*. Il fait un quart de tour sur ce rouleau et se décharge horizontalement à gauche. Un second rouleau *e*, presse le papier suffisamment pour déterminer l'entraînement contre les bords du rouleau *d*. Ce rouleau est comprimé, par ses supports, contre le rouleau d'entraînement ; les supports sont eux-mêmes fixés à un cadre en cuivre pivotant sur une forte tige horizontale *g*.

Un levier, placé à droite de *g*, est pressé vers le bas par un fort ressort, qui fait gripper le papier entre les deux rouleaux. Ce ressort peut être relâché au moyen d'un excentrique qui tourne au moyen du petit manche *f*.

Pour dégager le papier, il faut tourner le manche *f* à gauche ; alors le rouleau *e* descend de trois ou quatre millimètres et lâche le papier,

qui peut alors glisser aisément et ne se déroule plus, bien que le cylindre *d* continue à tourner. Il suffira, au contraire, de tourner le manche *f* à droite, pour ressaisir le papier entre les rouleaux et déterminer son entraînement.

On règle la distance entre le papier et la pointe du siphon en tournant la vis *i*, qui fait glisser la partie supérieure du système dans une rainure. La ligne du zéro, formée par le crachement continu de l'encre, peut aussi se ramener au milieu même de la bande, en desserrant la vis *H*, qui permet de rapporter en avant ou en arrière tout le système supporté par la plaque triangulaire *G*. On obtient un écoulement égal du papier entre les rouleaux *d* et *c* en tournant la vis *k*, qui élève ou abaisse l'extrémité la plus proche du rouleau *b*, jusqu'à parfaite régularité. On peut d'ailleurs activer ou ralentir l'écoulement du papier en transférant la courroie en châsse d'une poulie à l'autre. Le papier se déroulera plus vite si la courroie s'enroule sur la plus large poulie placée près du contre-poids en plomb. La vitesse d'écoulement du papier peut aussi se régler au moyen du commutateur *X*, qui détermine la vitesse des révolutions du « mouse-mill. » Les courroies de transmission sont faites en corde à fouet ou châsse, qui vaut mieux que toute autre bande. Il suffit de nouer cette corde pour en faire une bande continue; un nœud de marin, dont les bouts sont coupés, passe sans secousse au-dessus des poulies et ne s'allonge jamais. En tous cas, une légère variation dans la longueur des cordes n'offre aucun inconvénient, puisque les guides *JJ* n'ont pas de support.

Réglage du siphon et de la bobine des signaux. — Les siphons se construisent aisément de la manière suivante : Prenez un tube de verre d'environ 7 millim. de diamètre, dont l'épaisseur soit d'environ le sixième de ce diamètre; ramollissez environ 25 à 30 millim. près du milieu, à la lumière du gaz ordinaire, en le tournant doucement. Lorsque le verre est suffisamment ramolli, éloignez le tube de la flamme et étirez ses extrémités jusqu'à ce qu'il soit réduit au diamètre voulu. Coupez le tube fin ainsi obtenu en longueurs de 10 à 11 centimètres. Pour former un de ces tubes en siphon, il suffit d'en approcher, au point convenable, une allumette enflammée, jusqu'à ce que les parties recourbées tombent, par leur propre poids et à angles droits, avec la partie tenue en main. On peut ainsi le courber dans la forme indiquée *fig. 5.*, *pl. I*, laissant à la grande branche une longueur d'environ 5 à 6 centimètres. Il convient de recourber la longue branche en dedans sous un angle de 130°, et l'on peut obtenir une

bonne pointe en coupant au ciseau le tube à environ 1 millim. 5 de la courbure. Il se casse parfaitement carré, et en le frottant sur une pierre à émeri ou de corundum, on adoucit parfaitement la pointe, qui peut, dès lors, être rapprochée très-près du papier, sans l'accrocher. Le même résultat s'obtient aussi par la chaleur et en passant la pointe du siphon dans la flamme pendant un instant très-court. On peut constater l'état de cette pointe au moyen d'un microscope.

Le siphon ainsi préparé se met en position sur la selle en aluminium qui le supporte ; on l'y fixe au moyen d'un peu de cire blanche, avec une spatule chauffée à la flamme. Cette selle S est indiquée dans la *fig. 5*, pl. I.

Pour fixer ou détacher le siphon, il faut soulever la pièce *mm*, *fig. 3*, pl. I, qui supporte le pont du siphon *ii* et possède un guide courbé en forme de V, qui permet de le mouvoir sans déranger la bobine des signaux. Lorsque le siphon est sorti de l'encrier, on applique la spatule chaude au dos de la selle d'aluminium ; la cire fond et l'on peut retirer le siphon endommagé pour le remplacer.

Pour régler la position relative du siphon et de la bobine des signaux.

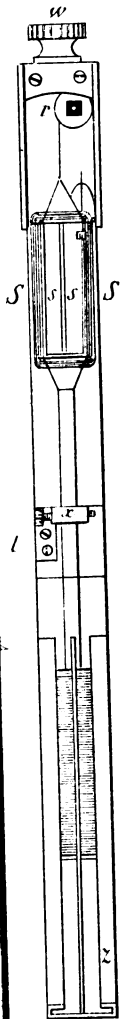
— 1° Il faut s'assurer que l'écheveau est suspendu librement autour de l'inducteur magnétique de fer doux SS, autour duquel il doit osciller ; 2° que toutes les fibres de cocon sont suffisamment tendues ; 3° que la position normale du siphon est verticale.

Pour remplir la première condition, quelques ajustements sont nécessaires en montant l'appareil : une fois obtenue, cette partie du réglage ne demande plus aucun changement. Ainsi, la bobine ou écheveau s'élève ou s'abaisse en tournant l'écrou *r*, au moyen d'une clef carrée s'introduisant dans son centre. On peut l'avancer ou la reculer, la faire mouvoir à droite ou à gauche, en manœuvrant l'écrou *w* et en la mettant en position avant de serrer cet écrou à fond. En outre, deux cordes en soie fixées, d'une part, à la partie inférieure de la bobine, et à sa partie inférieure, à deux poids en plomb glissant dans les guides *zz*, maintiennent l'écheveau en position. Ces cordes passent sous un pont *x*, dont la distance de la bobine peut être augmentée ou diminuée au moyen de la vis *y*. On peut, de cette façon, faire varier à volonté la période des vibrations.

Pour remplir la seconde condition indiquée plus haut et en relation avec la première, les trois vis *n*, *j* et *l* doivent être convenablement manipulées.

En donnant du jeu à *j* et en faisant avancer ou reculer le pont *ii*, on obtient la première approximation. Puis, les vis *n* et *l* doivent être

Fig. 4.



tournées de façon à ce que le ressort en acier placé sur le chariot *o*, auquel est fixée la fibre attachée derrière la bobine, et l'élasticité de torsion du fil de platine attaché à *l*, qui supporte la selle du siphon, réagissant l'un sur l'autre, laissent pendre la bobine des signaux dans la ligne exacte des deux pôles des électro-aimants.

Enfin, pour que le siphon pende verticalement, l'écrou *j* redemandera, sans doute, un nouvel ajustement, afin que le pont *ii* puisse être légèrement déplacé, et il faudra de même donner un autre tour d'écrou à *l*, en avant ou en arrière. En général, c'est là le seul ajustement nécessaire dans la pratique.

Toutes les parties de l'appareil décrites dans les *fig.* 3, 4 et 5, pl. I, sont souvent fournies en double, afin de les avoir toutes prêtes à faire fonctionner, en cas d'accident.

Lorsque l'appareil n'est pas en usage, on peut tenir le siphon en état de marquer convenablement par un des moyens suivants : 1° On peut former une bande de papier sans fin, d'environ 2 mètres, en collant ses deux bouts ensemble. Cette bande, en venant se placer continuellement devant le siphon, recevra les marques de sa pointe; 2° la pointe du siphon peut être maintenue dans l'eau, et l'appareil est pourvu d'un réservoir spécial à cet effet; 3° on peut sortir le siphon hors du réservoir d'encre, en soulevant la branche *mm*, et enlever l'encre qu'il contient par succion; on le retrouvera en bon état de fonctionnement après cette opération. En tous cas, si l'encre s'est asséchée dans l'intérieur du tube capillaire, on pourra toujours le nettoyer en le trempant dans de l'acide sulfurique. L'encre la plus convenable pour le siphon est le meilleur bleu d'aniline, soluble dans l'eau. En faisant dissoudre dans un demi-verre d'eau la quantité de cristaux qui peut tenir sur la pointe d'un canif, on obtiendra une encre parfaitement fluide, d'un beau bleu foncé. Cette encre est supérieure à toute autre, parce qu'elle n'épaissit pas et ne se précipite pas, et qu'elle peut se produire par petites quantités, qui la rendent très-maniable.

Ajustement du moulin électrique. — Cet appareil est à la fois un engin électro-magnétique et une machine d'induction électro-statique. Par son premier effet, il entraîne le papier au devant du siphon; par le second, il électrifie l'encre, qu'il projette en une ligne continue. Sur les grands câbles et avec un siphon fin, cette dernière fonction est la plus importante; tandis que sur les câbles plus courts, où le bras de levier n'a pas besoin d'être si long, et où l'on peut atteindre une plus grande vitesse, la première fonction est surtout mise à réquisition.

Dans ce cas, en suivant avec précision les instructions déjà données relativement à la pointe du siphon, l'encre n'aura pas besoin d'électrification.

Si le moulin ne tourne pas assez vite, il faudra changer la pièce de contact α , de façon à diminuer la résistance introduite dans le circuit, ce qui donnera de suite une plus grande vitesse. L'ajustement des points de contact à ressort qui se forment en arrière de l'appareil, au moyen de la roue à quatre pans, devra être très-précis, et les deux petites coupes dans lesquelles fonctionnent les rouleaux de friction, qui supportent l'arbre du moulin, devront être maintenues pleines d'huile fine d'horloger. Si, malgré ces précautions, le moulin tourne encore lentement, il conviendra d'augmenter la pile qui le fait fonctionner.

Trois des éléments à grande surface de Sir W. Thomson suffisent à cet entraînement.

L'interrupteur du contact électro-magnétique consiste en deux pointes de platine, dont l'une est fixe, tandis que l'autre est soulevée et abaissée alternativement par un ressort en acier, qui est déplacé par un des coins de la roue à quatre pans. On verra aisément si ces pointes de platine sont trop séparées l'une de l'autre, dans ce cas l'électro-aimant n'agira pas successivement sur les accumulateurs aussi longtemps qu'il le faudrait, et il en résultera une diminution de force. D'un autre côté, si les contacts sont trop prolongés, l'électro-aimant continuera d'agir sur les accumulateurs après qu'ils auront dépassé ses pôles, et tendra de la sorte à retarder ou à arrêter leur mouvement. Par conséquent, le réglage de ce ressort est un des points importants de l'appareil. Il peut se faire facilement en tournant l'écrou qui élève ou abaisse le contact inférieur fixe, et une fois ajusté, il l'est définitivement.

Lorsque l'encre n'est pas suffisamment électrifiée, et que le moulin, tournant convenablement, paraît engendrer une quantité convenable d'électricité, il faut d'abord rapprocher la baguette P. du plateau O. La distance ordinaire est de 5 à 8 centimètres; parfois on introduit, entre le plateau et la baguette, un morceau de papier-bande qui facilite l'électrification de l'encre. Cela dépend, bien entendu, de l'état hygrométrique de l'atmosphère. Il faut aussi s'assurer que l'isolement de l'appareil portant le siphon est parfait, et pour cela on nettoie avec un pinceau en blaireau, ou avec une plume, la poussière qui pourrait s'être déposée sur les guides en fil de cocon. La pièce d'ébonite, qui soutient l'ensemble, est toujours recouverte de cire de paraffine pour maintenir cet isolement parfait. Il suffit quelquefois de

l'essuyer avec soin pour la rendre parfaitement isolante; sinon on pourra l'enduire, au pinceau, d'un peu de naphte, contenant de la potasse ou de la soude, afin d'écarter toute trace d'humidité. La pièce de paraffine solide, qui soutient la baguette P, et l'isole de l'inducteur isolé, demande aussi de l'attention : la poussière qui se dépose sur elle rend parfois sa surface suffisamment conductrice pour occasionner une déperdition d'électricité.

Lorsque le moulin n'engendre pas d'électricité, et tourne néanmoins facilement, il faut : 1° enlever le couvercle et déplacer avec soin l'inducteur recouvert de cire de paraffine, afin de s'assurer que son isolement est parfait; 2° vérifier si les quatre contacts, formés de lamelles d'or, s'appuient convenablement et en succession sur les pièces de cuivre qui doivent former contact. Tout est prévu pour l'ajustement de ces ressorts ou pour leur remplacement au besoin. Plusieurs de ces ressorts électro-statiques et un ressort de contact électro-magnétique, pour le circuit d'entraînement, forment partie de la réserve contenue dans le tiroir W; 3° mettre de l'acide sulfurique dans le tiroir F, en répandant quelques gouttes sur chacun des morceaux de pierre-ponce qu'il contient. Il faut employer, pour cet objet, de l'acide rectifié au moyen de sulfate d'ammoniaque.

Si le moulin fournit trop d'électricité, le siphon, au lieu de donner une ligne de zéro droite, vacillera latéralement par suite des vibrations causées par l'électricité surabondante; les signaux pourraient en être dénaturés. On rectifie cet excès en dérivant le surplus au moyen d'une pointe métallique, mise en contact avec l'extérieur du moulin, et dirigée vers la baguette P. Si l'appareil n'est pas pourvu d'une pointe spéciale, on la remplace par un fil métallique de 10 à 12 centimètres, que l'on fixe au bouton du tiroir F. Les vibrations latérales peuvent être aussi diminuées par l'emploi de papier humecté de vapeurs d'eau, ou bien encore préparé chimiquement, dans une solution de 2 parties de nitrate d'ammoniaque pour 100 parties d'eau. Le papier, une fois séché, se maintient légèrement humide, à cause du sel déliquescent qu'il contient, et en absorbant l'humidité de l'atmosphère il acquiert une puissance conductrice parfaite, qui empêche les vibrations latérales de se produire. En pratique, on se contente généralement de déposer le rouleau de papier à employer sur la grille en zinc de la pile, où il acquiert exactement le degré d'humidité nécessaire.

Piles à auge. — Ces piles sont formées d'auges (*fig. 2, pl. II*) ayant 0 m. 40 carrés à la base et évasées au sommet; elles sont doublées de

plomb intérieurement et contiennent des grilles en zinc, (*fig. 1*, pl. II) s'appuyant sur des blocs en terre cuite. Sur une des faces extérieures des auges sont ménagées des entailles, qui facilitent le passage d'un entonnoir de forme spéciale, servant à mettre de l'eau fraîche sur les zincs, lorsque la pile est en usage. Une lame de cuivre est soudée sur le bord extérieur de chaque auge pour servir, au besoin, d'électrode. Afin de faciliter l'enlèvement des dépôts de cuivre, une lame étroite de ce métal est soudée au fond et au milieu de chaque auge, et tout le restant du plomb, qui recouvre l'intérieur et les côtés, est enduit d'un vernis isolant, formé de copal et de térébenthine. Une plaque de cuivre très-mince aussi vernie sur une de ses faces, excepté au centre et aux quatre coins, fait contact, par la pression des blocs de terre cuite et de la grille en zinc, avec le revêtement de plomb convenablement gratté dans les coins. La face supérieure de la plaque de cuivre reste décapée; elle est d'ailleurs de la même dimension que l'intérieur des auges, 0^m40 carrés; sur ses coins on place les blocs de terre cuite qui supportent le zinc, en forme de grille. Cet élément est protégé par une enveloppe de papier parcheminé, plié avec soin sur les côtés et fixé solidement par de la ficelle et de la cire à cacheter. Ce papier, une fois humecté, agit comme un diaphragme et retient homogène l'ensemble du grillage en zinc que le temps détériore. Il faut avoir soin que le papier ou les ficelles employées dans ce cas ne viennent pas toucher les bords intérieurs des auges. Pour supporter une de ces piles à auge, on construit un bâti en bois, muni de quatre isolateurs en porcelaine, sur lesquels vient s'appuyer la première auge (*fig. 2*, pl. II). Cette pile doit être disposée de façon à ce que l'on puisse tourner facilement autour. La première auge et le support doivent être soigneusement nivelés.

Au fond de la première auge, convenablement vernie à l'intérieur et sur les côtés, on place l'élément cuivre, dont on assure le contact métallique au centre, par la lamelle de cuivre indiquée à la *fig. 2*, planche II, et aux quatre coins; puis on place sur ces coins les quatre blocs de terre vernie formant de petits cubes d'environ 0,045 carrés sur chaque face, qui servent de support au grillage en zinc. Ce grillage a 0^m40 de côté et la forme indiquée par la *fig. 1*, pl. II. Après l'avoir placé de niveau sur ses supports, on verse dans l'auge une solution de sulfate de zinc, d'une densité de 1,1, humectant d'abord la grille et son enveloppe en parchemin. On s'assure ensuite que les quatre coins supérieurs du zinc et les quatre coins inférieurs en plomb de l'auge suivante sont propres et secs, et l'on appuie l'auge

n° 2 sur le zinc n° 1. On recommence dans l'auge n° 2 l'opération déjà faite dans le n° 1, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la pile soit complète. On aura soin, en posant les auges, de tourner face à soi les côtés où sont ménagées les entailles. C'est, en effet, ce côté qui offre le plus de commodité pour verser l'eau. Une fois la pile de 6 à 8 éléments complétée, on soude, au zinc supérieur, une lamelle de cuivre devant servir d'électrode, et l'on fait autant de ces petites piles qu'il est nécessaire. On les joint ensuite en séries, c'est-à-dire le zinc supérieur de la première au cuivre inférieur de la suivante, et ainsi de suite. On laisse un espace d'environ 0^m50 entre chaque pile pour faciliter leur visite.

Les cristaux de sulfate de cuivre qu'on emploie dans cette pile doivent être concassés en petits morceaux de la grosseur d'un pois ; on les pèse par petite quantité d'environ 30 grammes. Pour mettre la pile en action, on verse ces trente grammes de sulfate de cuivre séparément, sur chaque face, distribuant cette quantité, aussi également que possible, entre les espaces que séparent les blocs de terre cuite. Immédiatement après, on met chaque élément en court circuit, et on le maintient ainsi jusqu'à ce que l'on doive l'employer. Dix minutes ou un quart d'heure après, la pile est prête à agir avec toute sa force. Il faut éviter de verser des cristaux de sulfate de cuivre trop près des blocs de terre cuite, afin d'éviter des arborisations de cuivre métallique, qui établiraient un court circuit dans l'élément.

De temps en temps il faut ajouter du sulfate de cuivre, toujours par quantités égales de 120 grammes pour chaque auge, et 30 grammes par côté, comme au moment où la pile a été chargée ; mais il ne faut jamais mettre du nouveau sulfate de cuivre tant que la quantité mise précédemment n'est pas complètement usée. Lorsqu'il n'y a plus de cristaux dans aucune des auges, le court circuit des bobines de l'appareil peut être ouvert. De temps à autre il faut retirer, avec un siphon, et à partir d'un point inférieur au niveau extrême du sulfate de zinc, assez de liqueur pour abaisser son niveau d'environ 7 millimètres, puis rétablir ce niveau en versant de l'eau fraîche, jusqu'à ce qu'elle soit à la hauteur des grilles de zinc. La densité de la liqueur ainsi retirée devrait être mesurée chaque fois, afin de maintenir, autant que possible, la solution de sulfate de zinc dans la pile entre 1.15 et 1.35 (1).

(1) Cette pile a, comme celle de Callaud, une tendance à se polariser, et il arrive parfois que ses pôles se renversent naturellement. On évitera toujours aisément cet inconvénient au moyen des soins décrits ici.

Pour mesurer l'intensité et la résistance d'un des éléments ou d'une série d'entre eux, il faut employer un galvanomètre à bobines très-longues et ajouter une résistance suffisante pour que la résistance totale dépasse considérablement celle de la plus grande résistance intérieure à mesurer. Un galvanomètre tangentiel, de forme nouvelle et construit spécialement pour cet objet par Sir W. Thomson (*fig. 3, pl. II*), a son arc divisé suivant les tangentes; de sorte que les degrés de l'échelle sont simplement proportionnels au courant. La résistance de ses bobines en série est d'environ 4,000 ohms, et en variant les distances entre les bobines et l'aiguille, on peut l'appliquer, sans varier aucunement son ajustement, à des piles de 1 à 50 éléments. Un galvanomètre à miroir avec de forts aimants de contrôle, donnant un mouvement rapide d'oscillation à l'aiguille et une action vive, est pareillement un appareil de mesure très convenable. La délicatesse du galvanomètre à miroir exigera sans doute, dans ce cas, l'addition de 100 à 400,000 ohms de résistance à celle de son propre circuit. Il faudra aussi obtenir un degré convenable de sensibilité par l'emploi d'aimants contrôleurs ou par l'addition de résistances convenables, mais en aucun cas au moyen de dérivations. Le galvanomètre qui sert à mesurer la pile devra être conservé en place, et des fils conducteurs le mettront en connexion avec les électrodes des éléments ou de la pile que l'on désire éprouver. La fibre de suspension, aussi bien dans le galvanomètre tangentiel que dans le miroir, doit être assez fine pour que sa torsion n'altère pas sensiblement le zéro. Pour faire une observation, on prendra une bobine de résistance convenable, dont les extrémités seront directement appliquées aux deux pôles de la pile à éprouver. La résistance de cette bobine pourra varier de la moitié au double ou au triple de la pile essayée. Sa longueur ne devra jamais être inférieure à 2 mètres, pour un seul élément, ou le double en mètres du nombre des éléments en série formant la pile. Si sa résistance doit être inférieure à un ohm, cette bobine peut être formée de deux ou de plusieurs fils fins de cuivre ou d'alliage, tordus ensemble. En tous cas, les tours de la bobine doivent être bien isolés l'un de l'autre. Si l'on emploie un fil trop court, l'action thermique de la pile est trop forte; par conséquent, la longueur de deux mètres est un minimum qu'il vaut mieux dépasser. Lorsque la longueur n'est que de deux mètres par élément, le courant ne devra pas être maintenu dans la bobine pendant plus de deux ou trois secondes à la fois, ou autrement elle sera trop vite échauffée.

On sait, en effet, que si un courant est maintenu à travers un fil de cuivre avec une force électro-motrice égale à celle d'un bon élément

Daniell, la température du fil s'élève, par n mètres, de $\frac{15}{n^2}$ degrés centigrades par seconde, en supposant qu'il ne perde rien de la chaleur ainsi communiquée.

Pour faire une observation, on lit d'abord la déviation D , produite par la pile à travers le simple circuit du galvanomètre et de la résistance ajoutée, s'il y en a. Puis on applique la bobine directement aux pôles de la pile en assurant les contacts, et l'on observe la nouvelle déviation D' . Soit S la résistance de la bobine de dérivation, et B la résistance de la pile, nous aurons $B = S \frac{D - D'}{D'}$ ou plus rigoureusement encore

$$B = S \frac{D - D' \frac{G}{G + S}}{D' - D \frac{S}{G}} \quad \text{où } G \text{ dénote la résistance du}$$

circuit du galvanomètre, c'est-à-dire la résistance des bobines du galvanomètre, plus la résistance ajoutée extérieurement, s'il y en a. Lorsque G est très-grand, en comparaison de S , la quantité $\frac{G}{G + S}$ est presque égale à l'unité; de sorte que le numérateur devient $D - D'$, ou à peu de chose près, ce qui suffit en pratique; d'ailleurs $\frac{S}{G}$ étant une très petite fraction, le dénominateur devient D' , ou à très-peu près, d'où résulte la formule approximative indiquée plus haut.

Si $D - D'$ est un nombre de divisions trop faible pour donner un bon résultat, il faut employer une dérivation ayant moins de résistance. Si, d'ailleurs, D' est trop petit, c'est une dérivation plus résistante qu'il faut employer.

Lorsqu'une pile composée de n éléments en série est ainsi éprouvée, $\frac{B}{n}$ est la résistance moyenne intérieure par élément. Lorsque l'on n'éprouve qu'un seul élément, B représente la résistance de cet élément.

L'intensité de la pile se déduit de la simple déviation D , en notant ce que donnerait un seul élément de bonne qualité, si on l'éprouvait de la même manière.

Par exemple, si V indique la déviation que produirait une force électro-motrice d'un volt, un bon élément Daniell donnerait une déviation égale à $1.07 \times V$. En appliquant, une fois pour toutes, cet élément Daniell, et en divisant la déviation observée par 1.07, nous aurons

une approximation suffisante de la valeur de V pour l'ajustement particulier du galvanomètre employé. Bien entendu qu'il faut retrouver la valeur de V , si l'ajustement est changé. Supposant donc que V soit connu pour l'ajustement employé dans chaque occasion, nous aurons

$$E = \frac{D}{V},$$

ou E indique l'intensité ou la force électro-motrice en volts de l'élément ou pile éprouvée par le procédé décrit ci-dessus. Si $\frac{E}{n}$ se trouve de beaucoup inférieur à 1.07, la pile est défective en intensité. Soit E la force électro-motrice de la pile en volts, B sa résistance intérieure et R la résistance des électro-aimants à travers lesquels se complète le circuit, lorsque l'appareil fonctionne; toutes ces valeurs étant d'ailleurs déterminées en ohms. La quantité d'électricité circulant par seconde sera

$$\frac{E}{R + B},$$

déterminée en termes d'une unité égale à la quantité nécessaire pour charger un condensateur d'un farad au potentiel d'un volt. La quantité de zinc dissoute dans chaque élément s'élève, par conséquent, à $\frac{1}{3000} \times \frac{E}{R + B}$ grammes par seconde, ou $1.2 \times \frac{E}{R + B}$ grammes par heure, et la quantité de sulfate de cuivre employée est de $4.75 \times \frac{E}{R + B}$ grammes par heure, ou $115 \times \frac{E}{R + B}$ grammes par jour.

Par exemple, supposons vingt éléments à auge du Recorder en bonne condition : leur force électro-motrice serait d'environ 21 volts, et la résistance intérieure totale d'environ trois ohms. Les bobines de l'électro-aimant, si elles sont en série, donnent une résistance d'environ 14 ohms.

Mettant donc $E=21$, $B=3$ et $R=14$, nous aurons

$$\frac{4.75 \times 21}{17}$$

c'est-à-dire 5.1 grammes de consommation de sulfate de cuivre dans chaque élément par heure, ou 122.4 grammes en vingt-quatre heures, soit bien près d'un kilogramme en huit jours.

La disposition des bobines de l'électro-aimant en série, ou en arc multiple, influe considérablement sur la consommation du sulfate de cuivre. Si les bras de levier, qui font contact avec les boutons dont les électro-aimants sont garnis, sont placés comme dans le dessin (*fig. 2*, pl. I), les bobines sont en série; mais si les trois bras sont en contact avec leurs boutons respectifs, les bobines sont en arc multiple et ne donnent plus qu'une résistance d'environ 4 ohms. En transférant simplement le bras du côté gauche de l'appareil du bouton d'arrière à celui d'avant, la bobine de droite est seule mise en circuit, et en mettant les deux bras du levier de gauche sur leurs boutons respectifs, enlevant en même temps le contact du bras de droite, la bobine de gauche est seule mise en circuit. Ainsi, chaque bobine peut être utilisée séparément avec une résistance de 8 ohms. Suivant les conditions de la pile, une des combinaisons décrites ci-dessus donne les meilleurs signaux; mais il ne faut pas perdre de vue que plus la résistance en circuit est faible, plus vite la pile s'use. Ainsi, lorsque les bobines sont employées en arc multiple, il se consomme environ quatre fois plus de cuivre qu'en les employant en série.

L'efficacité de la pile entière ou de chacun de ses éléments séparés, agissant à travers les bobines de l'électro-aimant, se mesure de la manière suivante, sans interrompre ou troubler aucunement l'emploi de l'appareil en transmission. On attachera d'abord les électrodes de la pile au galvanomètre et aux deux extrémités de l'électro-aimant, et l'on observera la déviation D ; puis on les joindra successivement au pôle de chaque élément, afin d'observer les déviations D_1 , D_2 , etc., dans chaque cas. On trouvera que leur somme est égale à D . Chaque fois que l'appareil ne sera pas employé aux transmissions, on pourra déterminer l'intensité et la résistance de chaque élément sans employer une dérivation spéciale par le procédé suivant que l'on trouvera d'un emploi facile en pratique. Tout en maintenant les électrodes de la pile entière à leur place sur les extrémités de la bobine de l'électro-aimant, on déterminera D comme précédemment; puis D_1 ; ensuite, sans enlever les électrodes du galvanomètre des pôles du premier élément, on coupera le circuit de l'électro-aimant au moyen du commutateur V ; soit D'_1 la déviation alors observée. On procédera de la même manière pour chacun des autres éléments; soient D_2 , D'_2 , D_3 , D'_3 les déviations observées, Si B'_1 , B'_2 indiquent les résistances respectives de chaque élément, et E_1 , E_2 , etc., leurs intensités, on aura

$$E_1 = 1.07 \times \frac{D'_1}{C}, \quad E_2 = 1.07 \times \frac{D'_2}{C} \text{ etc.}$$

$$B_1 = R \frac{E_1 - D_1}{D} \quad , \quad B_2 = R \frac{E_2 - D_2}{D} \quad \text{etc.}$$

où R indique la résistance de la bobine de l'électro-aimant.

Dans les instruments actuels, R vaut environ 16 ohms lorsque les deux bobines sont en série, et environ 4 ohms lorsqu'elles sont jointes en arc double. Soit C la déviation donnée par un bon élément Daniell, mesuré directement à travers le galvanomètre. L'efficacité de la pile entière sur l'électro-aimant sera, en volts,

$$1.07 \times \frac{D}{C}$$

et celle de chaque élément séparé, en termes de la même unité, sera

$$1.07 \times \frac{D_1}{C} \quad , \quad 1.07 \times \frac{D_2}{C} \quad , \quad \text{etc.}$$

En observant la déviation pour chaque élément, il faut avoir soin de noter sa direction. Il pourrait se produire une déviation notable d'un élément quelconque de la pile en série, bien que sa direction fût opposée à celle qui correspond à son efficacité.

Ce cas se produirait, par exemple, dans une pile de n éléments en bon état d'intensité, où la résistance d'un de ces éléments excéderait $\frac{1}{n}$ de la somme de toutes les résistances, interne et externe, en circuit. Lorsque ce cas se présente pour un élément, il faut, soit l'exclure immédiatement du circuit, au moyen d'un fil rejoignant entre eux les électrodes des éléments en dessous et au-dessus, soit y ajouter des cristaux de sulfate de cuivre pour le remettre en état.

Les éléments en usage doivent être éprouvés souvent pour s'assurer de leur efficacité. Un élément qui n'a pas fonctionné quinze jours consécutifs, ne montre, en général, aucun signe de faiblesse, si ce n'est toutefois quand le sulfate de cuivre manque.

Supposons que le poids de l'eau dans chaque auge soit de 14,000 grammes; une dissolution de 840 grammes de zinc élèvera la densité de 1.1 à 1.3. Ceci résulterait de la consommation de 3,400 grammes de sulfate de cuivre. Il convient de tenir un compte exact des quantités de sulfate de cuivre placées dans chaque auge, de temps à autre, et il faut aussi, avant d'ajouter de nouveau sulfate de cuivre, éprouver la densité du liquide au moyen d'un pèse-liqueurs. Dès que la densité du liquide, qui se trouve au niveau des grilles de zinc, appro-

NCHE II.

che de 1.35, il faut retirer une partie de ce liquide et remplir avec de l'eau fraîche.

Les communications du siphon enregistreur sont en général établies comme l'indique la *fig. 6*, pl. II. Le courant venant de la ligne, après avoir traversé la bobine des signaux et une dérivation S, convenablement ajustée, se rend à la terre à travers un condensateur d'environ deux à trois microfarads par chaque centaine de mille de câble. Un commutateur de forme nouvelle (*fig. 5*, pl. II), imaginé par M. B. Smith (1), conduit le courant de la ligne à la terre, lorsqu'il est tourné à droite, et permet de transmettre quand il est tourné à gauche. Dans la position intermédiaire du dessin, le fil de ligne serait mis directement à la terre pour le décharger. Dans quelques stations, le condensateur est placé entre la ligne et l'appareil, et non pas entre l'appareil et la terre, comme dans notre dessin. Dans ce cas, les signaux transmis, de même que les signaux reçus, passent à travers le condensateur, tandis que dans l'arrangement de la *fig. 6*, pl. II, les signaux reçus sont seuls admis au condensateur. Il en résulte l'effet maximum, et la pratique démontre que, par cet arrangement, le câble et le condensateur conservent une tension à peu près égale, qui facilite les transmissions.

En tournant le commutateur à gauche, les signaux émis par la clef de transmission passent dans la ligne en traversant l'appareil, où ils s'enregistrent. Une dérivation S', ajustée convenablement, n'admet dans l'appareil qu'une quantité infinitésimale des courants dirigés sur la ligne.

L'appareil a donc cet avantage d'enregistrer les signaux transmis aussi bien que ceux que l'on reçoit.

Un petit commutateur C placé en tête de la ligne permet de la mettre directement à la terre, en cas d'orage ou d'autres nécessités.

Le nombre d'éléments employés aux transmissions varie suivant la longueur de la ligne. Entre Marseille et Malte, pour une distance de 834 milles, quatre à cinq éléments suffisent. On en emploie de 8 à 10 sur la section de Malte à Alexandrie, qui a 927 milles nautiques (2).

Le nombre des éléments à auge nécessaires pour faire fonctionner le *mouse-mill* est de 3, et 9 éléments suffisent à aimanter convenablement les électro-aimants disposés en série.

(1) Le commutateur à levier de Sir W^m Thomsom contient absolument les mêmes communications, mais il est infiniment moins élégant.

(2) Lorsqu'un condensateur intervient aux deux bouts du câble, il devient nécessaire d'augmenter la force électro-motrice.

Les transmissions peuvent atteindre une vitesse de 25 mots par minute, lorsque les signaux sont bien formés et que l'appareil est convenablement ajusté. La lecture de ces signaux est d'ailleurs facile à acquérir, et l'on forme plus vite les employés à cette lecture qu'à celle du miroir, qui n'offre, d'ailleurs, que des signaux fugitifs et exige un écrivain, deux sources d'erreurs.

La production d'électricité statique nécessaire au crachement de l'encre d'aniline est à peu près la seule difficulté pratique. Les siphons en verre se brisent quelquefois, mais les employés supérieurs déploient une véritable habileté à les refaire et à les mettre en place.

Certains appareils, basés sur le principe patenté par Bain, en 1843, évitent les suspensions à fil de cocon, et font mouvoir le siphon en l'attachant directement à la bobine (*fig.* 7, pl. II). On évite, par cet arrangement, les difficultés de l'électrification, et la pression de l'air suffit à tracer une ligne très-nette sur le papier, si l'on a soin de préparer la pointe du siphon de manière à éviter qu'il accroche. On peut d'ailleurs enduire le papier de substances savonneuses qui facilitent le glissement du siphon sur sa surface.

On fait en ce moment de très-grands efforts pour substituer des appareils enregistreurs au miroir, sur toutes les grandes lignes sous-marines. On comprend, en effet, tous les défauts pratiques d'un instrument à signaux fugitifs. L'appareil de Sir W. Thomson, qui permet l'enregistrement des signaux sans retardation aucune, puisqu'il élude les effets de condensation qui se manifestent dans les longs câbles sous-marins, a rendu et rend journellement de grands services aux compagnies; il peut, d'ailleurs, être employé de diverses manières, et les mouvements de la bobine S pourraient évidemment être mis en jeu de manière à clore le circuit d'un Morse ordinaire.

Il n'est donc pas improbable qu'on en revienne un jour à l'emploi du Morse sur les grandes lignes sous-marines. Dans ce cas, les relais actuels devront subir une modification profonde et analogue, en bien des points, à celle de la bobine du siphon enregistreur, qui pourrait déjà, sans aucun doute, être employé comme relai Morse, au moyen d'un arrangement facile à combiner.

A.-L. TERNANT.

MOTEURS A AIR

ET LOCOMOTIVES SANS FEU

Par M. D. STAPPER.



Des diverses études faites depuis quelques années sur les conditions dans lesquelles s'opère la détente de la vapeur, et dont plusieurs ont été exposées à la Société Scientifique Industrielle, il résulte que :

1° Une vapeur ou un gaz, qui se détend sans produire de travail, gagne de la chaleur sensible au lieu d'en perdre, et se trouve, après cela, plus apte qu'auparavant à produire un travail mécanique, au moins dans les limites de détente que comporte la pression finale ;

2° Une vapeur ou un gaz qui se détend en produisant un travail mécanique perd de la chaleur, ce qui fait descendre beaucoup plus rapidement que d'après la loi de Mariotte la courbe des pressions.

L'abaissement de température est d'autant plus considérable que le fluide employé est doué d'une plus faible capacité calorifique.

Il est, au contraire, très-peu apparent lorsque ce fluide est une vapeur, c'est-à-dire lorsque le changement d'Etat d'une partie du fluide employé, est capable de restituer à la masse la chaleur dépensée en travail.

De ces deux considérations on peut tirer les conclusions suivantes pour les cas spéciaux de l'air et de la vapeur d'eau, employés comme moteur :

L'air employé dans un cylindre à détente se refroidira, par le travail, d'une manière notable. Cet abaissement de température aura pour effet de réduire le volume du fluide détendu, et en même temps de congeler les molécules d'eau tenues en suspension.

La vapeur d'eau employée dans les mêmes conditions se condensera partiellement, chaque kilogramme d'eau restituant ainsi à la masse 500 calories environ ; le volume final sera moindre que ne

l'indique la loi de Mariotte ou la table de Regnault; mais le changement d'état du fluide aura pour effet de lubrifier les parois au lieu de gêner la marche.

En thèse générale, on peut admettre que le rendement d'une machine à vapeur à détente est proportionnel à la quantité d'eau condensée par le travail, dans le cylindre ou dans son enveloppe : c'est dire que le degré de détente pratique est presque illimité avec la vapeur, tandis qu'avec l'air la limite est très-vite atteinte.

Etudions, en effet, ce qui se passe dans un cylindre à air comprimé avec détente.

Un litre d'air à 5 atmosphères pèse 6^{gr} 45; il produit à pleine introduction un travail brut de 50 kilogrammètres.

Admettons qu'au moment où le tiroir se ferme, cet air soit à la température de 15° centigrades, et que, saturé d'humidité, il contienne 0^{gr}, 06 de vapeur d'eau. Détendu trois fois, il doit donner théoriquement un nouveau travail de 50 kilogrammètres, qui absorberont $\frac{50}{424} = 0 \text{ cal.}, 118.$

Chaque degré d'abaissement de la température du mélange abandonne :

Air : 0 cal. 00152; eau : 0 cal. 00006. Total : 0 cal. 00158.

La condensation de l'eau de saturation met en liberté encore $531 \times 0,00006$, ou 0,03186 calories.

La température du mélange se trouverait abaissée de 57 degrés, soit 42 degrés au-dessous de zéro, température finale;

Refroidi de 57°, l'air n'occuperait plus 3 litres,

mais $3 (1 - 0,375 \times 57) = 3 \times 0,79$, soit 2 lit. 37,

ce qui obligera à introduire un peu plus de $\frac{1}{3}$,
et à consommer de l'air notablement chaud, si l'on veut faire l'échappement au-dessus de 0.

Si, en effet, on emploie de l'air assez chaud pour qu'à la fin de l'introduction l'air se trouve à 30 degrés, avec 0 g. 142 d'eau entraînée à l'état de vapeur, la condensation de l'eau abandonnera

0 cal. 7754,

et chaque degré d'abaissement du mélange abandonnera :

Air : 0,00152; eau : 0,00014. Total : 0,00166.

Abaissement de température : 29°

La température finale sera : +1°

Si l'on admet que l'influence de l'atmosphère extérieure et des masses métalliques qui servent d'enveloppes empêche l'abaissement

de la température au-delà de ces limites, on voit qu'il faut introduire l'air dans le cylindre à une température supérieure à 30°, saturé d'humidité, et ne pas détendre au-delà de trois fois.

Quand une machine sera alimentée par un réservoir limité chargé d'air à haute pression, il n'y aura pas lieu de chercher, comme avec de la vapeur, à utiliser par des degrés de détente très-variables la pression décroissante du réservoir ; bien au contraire, il y aura intérêt à faire écouler l'air dans un réservoir intermédiaire, par un orifice variable, réglé par un régulateur, de manière à alimenter la machine avec de l'air à une pression constante, égale au plus à 6 ou 7 atmosphères.

Voici ce que disait, à cet égard, M. Ribourt à la Société des Ingénieurs civils, à propos des machines du Saint-Gothard :

« Le refroidissement devient un inconvénient très-grave dans le cas où l'on marche à une pression un peu élevée, 7 atmosphères, par exemple, et avec beaucoup de détente. Le fait est mis en évidence par une locomobile qui fait marcher l'atelier de réparations à Gœschenen, au moyen de l'air comprimé, lorsque le moteur ordinaire, une turbine, a des avaries. Ce n'est qu'en chauffant fortement les cylindres et les tiroirs de cette machine avec du coton imbibé de pétrole que l'on peut marcher d'une manière suivie.

« L'eau, entraînée depuis le compresseur, forme avec les huiles, en se congelant, un mastic dur, très-dur, qui arrête complètement le mouvement. Si ce fait ne s'est pas révélé jusqu'ici dans les perforatrices, c'est que ces machines fonctionnent avec peu ou point de détente ; il n'y a que l'orifice d'échappement qui soit quelquefois susceptible de se boucher par de la glace. »

La détente sans travail qui se produit en abaissant la pression par l'écoulement du fluide à travers un petit orifice n'entraîne aucune perte ; et comme l'a démontré M. d'Hauthuille, à cette même place, elle produit, au contraire, une élévation de température, qui est très-favorable au travail dans le cylindre. »

Dans le cas particulier examiné par M. Ribourt, d'une locomotive à air, il y a lieu de remarquer que l'échauffement produit par le régulateur sera très-variable.

Que pendant le travail à pleine introduction l'air ne pourra pas prendre de la chaleur à la source, et arrivera sensiblement à la température de l'air ambiant, température ordinairement inférieure à 30 degrés ;

Qu'on pourra donc très-rarement détendre trois fois, et que

M. Ribourt a eu parfaitement raison de régler les locomotives du Saint-Gothard entre $1/2$ et $2/3$ d'introduction.

Un autre exemple du bon résultat obtenu par la chute de pression nous est fourni par la torpille de Withead, qui doit son succès, en grande partie, à la perfection de son régulateur d'air.

Cette torpille sous-marine est, en effet, pourvue d'un réservoir que l'on charge d'air comprimé sous une pression de 30 atmosphères, et qui a même atteint 60 atmosphères dans quelques expériences.

Un régulateur très-sensible règle l'écoulement de cet air, qui actionne, sous une pression constante, une petite machine à hélice portée par la torpille.

Si la chute de pression de 60 atmosphères à 4 ou 5" avait produit du froid, comme dans le cas de la détente pendant le travail, il est parfaitement évident que les organes de la petite machine à hélice se seraient promptement arrêtés, par suite de la congélation des graisses.

L'expérience pourra montrer quelle est la pression *maxima* à laquelle il faudra charger le réservoir, au point de vue des poids morts à transporter ; mais, dès à présent, on peut dire que le rendement des locomotives du Saint-Gothard ne pourra guère être dépassé. Il servira au plus de 75 kilogrammètres pour 1 litre d'air à 5 atmosphères ce qui donne, pour un réservoir à 15 atmosphères alimentant 200 chevaux pendant $1/2$ heure ou 1800 secondes, un volume de 120 mètres cubes.

Au lieu d'air, supposons qu'on introduise dans un réservoir 1 mètre cube d'eau à la température de 200° , fournie par une chaudière à 15 atmosphères, et supposons qu'à la partie supérieure du réservoir il se trouve un petit coffre non rempli d'eau, que l'on mettra en communication avec la boîte à tiroir d'un cylindre destiné à marcher à 5 atmosphères, pression qui correspond à 152° . Tant que l'eau du réservoir sera à une température supérieure à 152° , il se dégagera du coffre supérieur de la vapeur à 5 atmosphères, qui fera marcher la machine.

Cette chute de 48° mettra en liberté 48,000 calories, capables d'évaporer en nombre rond 100 kilos de vapeur, qui, dépensés en 15 minutes par une bonne machine-locomotive, doivent développer 20 chevaux.

Donc, pour une locomotive de 200 chevaux, il suffira d'emporter 10 mètres cubes d'eau chaude pour marcher 15 minutes, et 20 mètres cubes pour marcher demi-heure à toute vapeur.

On voit tout de suite que cette deuxième solution est pratique, tandis que la première ne l'est pas.

En effet, en mettant sur les châssis de la locomotive un cylindre de 1^m40 de diamètre et 8^m de long, on pourra emporter 12 mètres cubes d'eau chaude, et il suffira d'en placer 8 mètres cubes sur le tender pour assurer une demi-heure de marche, c'est-à-dire la traversée des plus grands tunnels.

Tandis que, pour emporter 120 mètres cubes d'air, il faudrait faire suivre la locomotive d'une dizaine de wagons-réservoirs.

Et les petites locomotives du Saint-Gothard, qui ne développent qu'une vingtaine de chevaux, emportent 17 mètres cubes pour parcourir moins d'un kilomètre.

Y a-t-il lieu, après de tels chiffres, d'étudier une solution mixte, consistant à emporter sur la machine une charge d'eau chaude, qui lui donnerait de l'adhérence et servirait à échauffer, soit par contact, soit par mélange, l'air comprimé fourni par les tenders ?

La double installation qu'exigerait une telle solution nous semble devoir la faire rejeter à première vue, puisque la présence de la vapeur dans le tunnel ne serait pas entièrement évitée, et que la ventilation peut s'obtenir facilement par d'autres moyens.

On parle cependant d'une locomotive de tramway essayée dernièrement à Neuilly-sur-Marne, qui emploie un mélange d'air et de vapeur. Le rôle que joue ici la vapeur est tout à fait secondaire : elle sert uniquement à chauffer l'air et à augmenter sa chaleur spécifique. Elle ne paraît pas, du reste, entrer dans le mélange pour une forte proportion, puisqu'on prétend qu'aucun dégagement de vapeur n'est visible au tuyau d'échappement.

La machine de Todd, pour les tramways d'Edimbourg, se compose d'une voiture ordinaire placée sur un châssis de 6^m75 de long, 2^m10 de large et 0^m90 de hauteur sur rails. Dans le milieu du châssis sont deux réservoirs contenant, chacun, 810 litres d'eau chaude et parfaitement feutrés. En dessous du châssis sont les vis d'accouplement et des robinets montés sur des tubes perforés, qui traversent les réservoirs dans toute leur longueur.

Les roues ont 60 centimètres de diamètre, et sont écartées de 1 mètre 50.

Les cylindres moteurs ont 0^m225 de diamètre et 0^m200 de course, avec des enveloppes qui communiquent avec l'eau des réservoirs.

A chaque extrémité de la voiture se trouvent un frein, un régulateur et un levier de changement de marche. Il y a encore quatre

caisses à sable et deux tuyaux d'échappement, disposés pour diriger toujours vers l'arrière la vapeur qui sort de la machine.

Le moteur est entièrement caché dans une caisse qui se visite de l'extérieur.

La voiture, avec 1,620 litres d'eau chaude, à une pression de 14 kilos par centimètre carré et vingt passagers, pèse 6 tonnes et demie.

Pour une évaporation de 10 0/0 de la provision d'eau, la machine pourra développer, dit-on, sans que la pression descende au-delà de 2 kilos, une force de 10 chevaux pendant une heure.

Au bout de ce temps la voiture est amenée devant les chaudières de la station, qui, timbrées à 15 kilos, injectent dans les réservoirs la quantité de vapeur nécessaire pour les rechauffer de nouveau et les remplir à la pression initiale.

Les locomotives de tramways de la Nouvelle-Orléans, d'après le *Constitutionnel*, consistent en un corps cylindrique dans lequel on emmagasine de l'eau chaude au départ, et en deux petits cylindres à vapeur installés verticalement à l'arrière du véhicule.

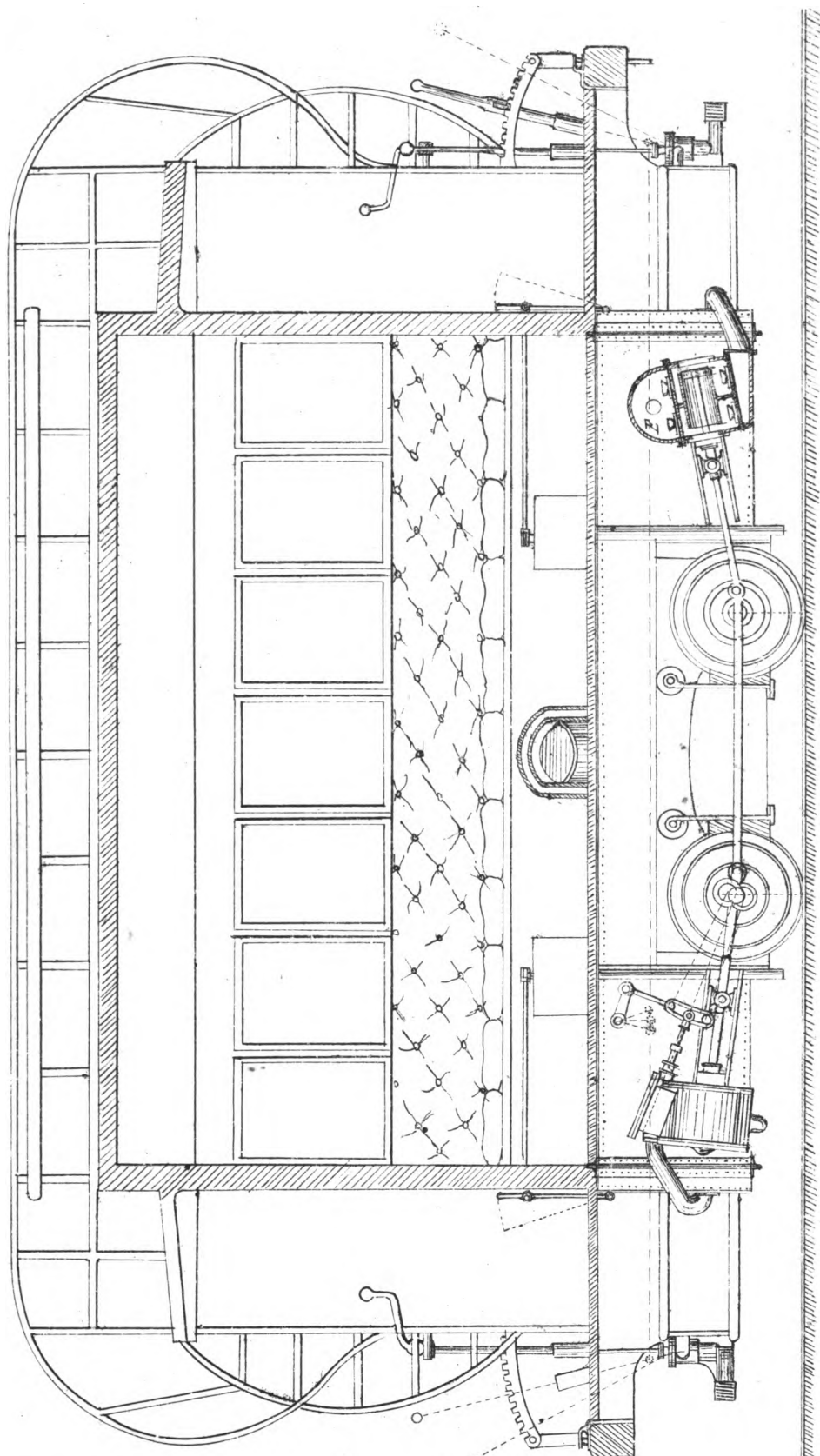
Le mouvement des pistons se transmet par un engrenage à l'essieu des roues d'arrière; celui de l'avant est fixe. Le réservoir, qui occupe la place assignée à la chaudière dans les locomotives ordinaires, a 0^m91 de diamètre intérieur et 2^m70 de longueur. On le remplit d'eau surchauffée, en laissant 0^m20 de vide pour la vapeur. Un dôme de prise de vapeur est relié par deux tubes avec les petits cylindres, qui fonctionnent sans appareils de détente. Ils ont 0^m15 de diamètre et 0^m18 de course.

Le réservoir est en tôle d'acier de 0^m006 d'épaisseur. Pour le protéger contre le refroidissement, on l'enveloppe d'une couche de matières non conductrices de la chaleur. A l'intérieur du réservoir, près du fond et dans toute la longueur, règne un tuyau percé sur son pourtour d'un grand nombre de petits trous. Ce tuyau traverse la paroi d'avant du réservoir et se termine, au dehors, par une sorte de collerette. Un robinet commande l'orifice. C'est le tuyau alimentaire du réservoir.

Un générateur de vapeur est installé à la station de départ; deux tubes partent, l'un du haut, l'autre du bas de la chaudière. Il y a là une sorte d'assemblage à brides de joint, fermé hermétiquement avec une clavette et un coup de marteau.

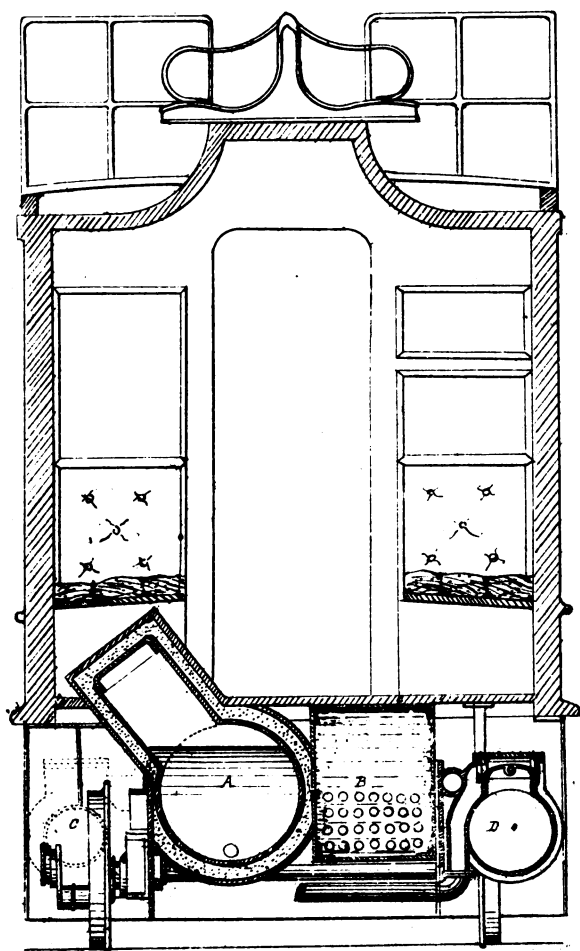
Quand on veut charger le réservoir, on commence par l'échauffer avec de la vapeur; puis on y laisse entrer la quantité d'eau convenable, fermant le robinet dès que l'eau s'écoule par un robinet-jauge

Longue en usage



*Voiture à vapeur pour Tramways
Système Todd modifié*

Coupe en travers



- A Réservoir d'eau chaude
- B Condenseur
- C Petit cylindre
- D Grand cylindre
- E Pompe à air

placé en dehors. La température de cette eau est de 193 degrés centigrades, ce qui correspond à une pression de douze atmosphères et demie.

La locomotive est alors prête à partir, et peut trainer, pendant quinze kilomètres, une voiture de soixante voyageurs, la vapeur étant continuellement régénérée, pendant la marche, aux dépens de l'eau à très-haute température qui est renfermée dans le récipient. Au retour, il faut s'arrêter quatre minutes et restituer la quantité d'eau vaporisée. »

Ces locomotives ont des machines très-simples, qui font peu ou pas de détente. Dans des locomotives plus importantes, il y aurait lieu de chercher une meilleure utilisation de la vapeur, puisque, comme nous l'avons dit plus haut, les raisons qui limitent la détente de l'air comprimé n'existent pas pour la vapeur.

Il y a une vingtaine d'années, plusieurs ingénieurs ont essayé de munir les locomotives d'un tiroir de détente. Presque partout on a supprimé ces appareils, comme sujets à de trop fréquentes avaries.

Plus récemment on s'est demandé si l'on ne pourrait pas appliquer aux locomotives le système Compound, en remplaçant les cylindres égaux par des cylindres dans le rapport de 3 ou 4, détendant l'un dans l'autre. Nous ne croyons pas, quant à nous, à la possibilité pratique de cette application pour deux raisons : 1° Les locomotives marchent à des allures très-variables, et il est très-rare que la vapeur atteigne, dans les boîtes à tiroirs, la pression de la chaudière. Le plus souvent, pour 8 ou 10 atmosphères absolues à la chaudière, il n'y en a que 5 aux tiroirs, et des variations pareilles dans la pression initiale ne permettent pas d'égaliser le travail des deux cylindres, condition importante au point de vue des trépidations de la machine.

2° Les machines devant pouvoir fonctionner dans de bonnes conditions, à 4 ou 5 atmosphères, et laisser échapper la vapeur à une pression de 1 atmosphère et demie à 2 atmosphères pour entretenir le tirage de la cheminée, on voit que la détente ne peut pas dépasser le chiffre de 2 ou 3.

Dans les locomotives sans feu, l'échappement peut se faire à peu près à une atmosphère, et les conditions sont un peu meilleures. Je proposerais, dans ce cas, de remplacer chaque cylindre par deux cylindres placés dans le prolongement l'un de l'autre, réunis par leur fond et dans le rapport de 1 à 2.

L'introduction au petit, variant par la coulisse entre $1/2$ et $3/4$, la détente sera de 3 à 4 fois, et pour une admission à 5 atmosphères, la

pression finale sera, suivant la courbe adiabatique, de 1 atmosphère à 1 atmosphère 1/2.

Pour remonter les fortes rampes ou pour démarrer, on aura la ressource d'envoyer un peu de vapeur directe aux grands cylindres.

De cette façon on aurait, je crois, le maximum d'effet utile, sans compliquer notablement le mécanisme et sans nuire à la régularité des efforts. C'est pour avoir oublié que les machines marines Compound sont toutes munies d'excellents condenseurs et ont une marge considérable pour la détente que l'on a essayé, sans succès, l'application de ce système aux locomobiles à tirage forcé.

P. S. — Cet article était déjà écrit lorsque M. Mallet a publié son projet de locomotive Compound, qui contient peut-être la solution vraie du problème. En effet, M. Mallet propose de rapprocher les cylindres l'un de l'autre, et d'augmenter les vitesses pour éviter autant que possible les trépidations et le mouvement de lacet; il ne cherche pas à pousser la détente au-delà des limites que nous indiquons; et pour le démarrage, il indique, sans la décrire exactement, une boîte de distribution supplémentaire, qui fait momentanément agir les deux cylindres isolément.

Ce dernier perfectionnement permettrait d'employer sans crainte le système Compound pour les locomotives.

Pour les tramways, l'administration parisienne exige l'absence de vapeur et de fumée visible à l'échappement. Il faut donc, à moins d'employer l'air comprimé, faire des foyers parfaitement fumivores, comme on l'a essayé récemment en Belgique, ou employer l'eau surchauffée, en condensant la vapeur d'échappement.

L'emploi d'un condenseur sera très-favorable à la bonne utilisation de la vapeur dans une machine à grande détente, munie d'une pompe à air. Mais si l'on admet que la provision d'eau chaude doit être de dix fois le poids de vapeur à dépenser, il faudra y ajouter, pour un condenseur à surface, un poids au moins égal d'eau froide, même au risque d'avoir un mauvais vide à la fin du trajet, puisqu'on arrivera avec de l'eau échauffée de plus de 50 degrés.

Dans ces conditions, la machine de Todd, par exemple, dont on trouvera le croquis ci-joint (fig. 1 et 2), emporterait 800 litres d'eau chaude et 800 litres d'eau froide; son poids serait augmenté de 200 kilos environ, mais elle pourrait encore développer 9 à 10 chevaux pendant une heure.

On peut réduire la provision d'eau froide par l'emploi d'un cou-

rant d'air forcé, dirigé sur les tubes du condenseur à surface, préalablement arrosés d'eau, ou même entièrement secs.

Si l'on mouille les tubes, les proportions de la surface réfrigérante peuvent rester à peu près les mêmes qu'avec l'eau, soit environ de 2 mètres carrés pour un kilogramme de vapeur dépensé par minute, et la provision d'eau sera réduite à peu près des deux tiers.

Mais si l'air est employé seul comme réfrigérant, il faut augmenter beaucoup la surface des tubes et la porter à 15 ou 20 mètres carrés pour un kilo de vapeur dépensé par minute, ce qui constitue un appareil fort encombrant et peut-être aussi lourd qu'un condenseur plein d'eau.

D. S.

SIR CHARLES WHEATSTONE

L'illustre physicien anglais, qui est mort à Paris le 20 octobre dernier, était un de ceux dont la vie prouve surabondamment les bienfaits que la science confère à l'humanité. Son nom n'est pas la propriété unique de l'Angleterre, mais bien celle du monde civilisé tout entier. La France lui doit les premiers essais de télégraphie électrique, qui furent tentés en 1845, entre Paris et Orléans et sur la rive droite du chemin de fer de Versailles. Il avait d'ailleurs été juré des Expositions françaises de 1855 et de 1867, et comptait de nombreux amis dans notre pays. Nous nous croyons donc en droit de raconter ici la vie et les nombreux travaux du savant qui est venu mourir à Paris, où il s'occupait, tout récemment encore, des essais de télégraphie Duplex, qu'il a menés à bonne fin, entre Paris et Marseille, au moyen de son précieux appareil automatique. Sir Charles Wheatstone était, du reste, chevalier de la Légion-d'Honneur depuis 1855 et membre de l'Institut depuis 1873. Il était donc Français d'adoption, par les honneurs et les distinctions dont il a été l'objet dans notre pays.

Charles Wheatstone naquit à Glocester en 1802, et montra, dès son âge le plus tendre, des dispositions marquées pour les arts mécaniques et la physique. Comme Faraday, dont il fut depuis l'intime ami, il débuta dans la vie, comme apprenti, dans la maison d'un fabricant d'instruments de musique; puis il s'établit, pour son compte à Londres, vers l'âge de vingt ans. Il ne tarda pas à prouver que, même dans son humble état, l'étude des lois naturelles serait l'objet constant de son application et de ses recherches, et son premier travail, publié en 1823 dans les *Annals of philosophy* de Thomson, sous le titre de : *New experiments on sound*, fut l'objet de l'attention des savants. Il s'appliqua ensuite à démontrer l'analogie qui existe entre les phénomènes du son et de la lumière, et publia le résultat de ses recherches, en 1827 et 1828, dans le *Quarterly journal of Science*.

C'est alors qu'apparut le charmant appareil, connu sous le nom de kaléidophone, ou kaleidoscope euphonique, que Wheatstone décrivait modestement comme un joujou de physique, n'ayant d'autre but que d'illustrer plusieurs phénomènes intéressants d'optique et d'acoustique. Ce joujou consiste en une balle argentée, fixée à l'extrémité d'une tige en métal, que l'on peut faire entrer en vibration sonore ; la lumière, projetée sur la balle d'argent et réfléchiée sur un écran, sert à marquer graphiquement des figures d'une grande beauté, qui indiquent le ton musical résultant des vibrations de la tige. Le professeur Tyndall a répété récemment ces charmantes expériences dans ses leçons sur l'acoustique. Etendant le principe du kaléidophone, Wheatstone put estimer photométriquement le pouvoir illuminant des phares, par la simple comparaison des cercles de la lumière réfléchiée provenant de différentes sources. Tous ses travaux, jusqu'à l'année 1840, à l'exception, toutefois, des recherches qu'il fit en 1834 sur la vitesse de l'électricité et la durée de l'étincelle électrique à travers un long circuit, se rattachent presque uniquement à l'étude relative du son et de la lumière. En 1828, il publie son Mémoire sur la sonorité des colonnes d'air. En 1831, il fait faire, à l'Institut polytechnique de Londres, de remarquables expériences sur la transmission des sons musicaux à travers les conducteurs solides, et y expose son *Téléphone*, au moyen duquel des instrumentistes, placés dans les caves de l'établissement, transmettaient les sons musicaux au deuxième étage, au moyen de tiges solides aboutissant à des tablettes sonores, placées dans la salle de concert. Une nombreuse audience put ainsi jouir à distance d'une musique exécutée dans le sous-sol. En 1831, Wheatstone présente à l'Association Britannique une preuve expérimentale de la théorie de Bernoulli sur les instruments à vent. En 1833, il fait lire par Faraday, à la Société Royale, son fameux Mémoire sur les figures de Chladni, obtenues en semant du sable sur les surfaces vibrantes. Cette importante investigation contient la première analyse des figures si belles et si complexes que Chladni avait révélées sans les expliquer. Wheatstone y prouve que la plus compliquée de ces figures peut s'exprimer analytiquement, en considérant la plaque comme le siège de deux systèmes rectangulaires de vibrations superposées ; la motion résultante devenant la somme des vibrations concurrentes ou la différence des vibrations opposées. Malgré leur multitude et leur complexité, il paraît que chacune des figures de surface carrée, que fournit l'expérience, peut être réduite à une forme primitive avec lignes parallèles donnant le même son. Ce résultat est le même que celui qu'avaient établi les frères Weber pour

les fluides, en 1825, lors de leurs fameuses recherches sur les ondes, et qu Wheatstone ignorait sans doute en 1833.

L'année suivante, Wheatstone était nommé professeur de physique expérimentale au *King's-College* de Londres, créé cinq ans auparavant. Mais bien que son autorité fût déjà solidement établie, il ne professa que rarement, et se contenta d'assister ses collègues de son expérience et de ses conseils. Wheatstone était affreusement timide, et éprouvait une véritable difficulté à parler en public. En petit comité, il était, au contraire, très-clair et très-brillant sur les sujets familiers à son esprit. Son professorat lui laissa donc le temps de s'occuper des travaux qui, pour la plupart, ont été présentés par son ami Faraday. Celui-ci trouvait un vrai plaisir à produire, chaque vendredi soir, aux agréables réunions de la *Royal Institution*, les élucubrations si intéressantes de son modeste ami.

De 1829 à 1856, Faraday se fit presque toujours le porte-voix de Wheatstone, dans ses communications sur les applications de la science. En 1835, Wheatstone communiqua à l'Association Britannique un Mémoire sur des essais qu'il avait faits « pour imiter la voix humaine par des moyens mécaniques. » Ces essais l'avaient amené à construire une machine parlante, dans laquelle il imitait avec beaucoup d'exactitude une quantité de sons simples articulés. Cette machine occupait encore tout récemment son attention, et il l'avait beaucoup perfectionnée. Dans la même année, il présenta, à la même Société, son Mémoire sur l'existence de rayons de réfrangibilité définie, émis par les métaux volatilisés au moyen de l'étincelle électrique.

Fraunhofer avait déjà découvert que le spectre de l'étincelle électrique ordinaire est traversé de lignes brillantes, mais il n'avait pas poussé plus loin son investigation. Wheatstone prouve, dans le travail auquel nous faisons allusion, que les lignes brillantes diffèrent en nombre et en position pour chaque métal, et que leur apparence est tellement différente que ce mode d'examen permet facilement de distinguer un métal d'un autre. Un tableau accompagne ce Mémoire et indique la position et la couleur des lignes du spectre des divers métaux. Sir J. Herschel et M. Fox Talbot avaient annoncé, précédemment, la découverte des lignes brillantes du spectre des flammes, mais Wheatstone paraît avoir le premier donné une intimation précise de l'analyse spectrale moderne. Ces divers travaux valurent à Wheatstone sa nomination de *Fellow of the Royal Society*, en 1836.

La ressemblance des ondes sonores et des ondes visuelles paraissent avoir fixé son attention vers cette époque. En 1838, il présentait, à la *Royal Society* et à l'Association Britannique, un de ses

plus intéressants Mémoires intitulé : *Contributions to the physiology of vision*, où il étudiait de main de maître certains phénomènes non encore observés de la vision binoculaire. Il présentait en même temps le stéréoscope, qui illustre ces phénomènes. Comme travail scientifique et sans considérer sa valeur pratique, ce Mémoire est certainement un des meilleurs qu'il ait produits. L'idée que chaque œil, placé en un point différent, reçoit une image différente de l'objet perçu, et que les deux images réunies sur les centres nerveux, produisent l'apparence de la solidité, est une conception entièrement neuve, qui appartient, sans aucun doute et uniquement, à Wheatstone. Sir David Brewster a reconnu, en plusieurs occasions, que cette découverte était la plus importante que l'on eût faite relativement à la vision binoculaire. L'appareil de Wheatstone consistait en deux miroirs plans, inclinés sous un angle de 90° , réfléchissant deux images au même point.

La forme du stéréoscope généralement adoptée depuis, fut suggérée par Sir David Brewster en 1849. Il conseilla l'emploi de la réfraction de deux demi-lentilles tournées dos à dos. Duboscq s'empara de l'idée et la popularisa par la photographie.

En 1848, Wheatstone produisit son horloge solaire, qui est certainement une des plus originales parmi ses productions. En examinant la lumière dans une direction perpendiculaire à celle des rayons solaires, à travers un prisme de Nicol et une plaque de quartz (ce qui forme l'appareil ordinairement employé pour démontrer la polarisation de la lumière), on vérifie que les couleurs de la plaque de quartz dépendent de la position du prisme mobile, et *vice-versa*, si le prisme est fixe, de la position du soleil. Les couleurs changent donc avec la position de l'astre dans le ciel; et comme, d'après la loi de Brewster, le plan de polarisation du ciel est toujours à 90° du soleil, il suffit de tourner le prisme, jusqu'à ce que toute couleur disparaisse, pour amener un index marquant les heures gravées sur un demi-cercle.

La valeur considérable des inventions de Wheatstone en électricité et en télégraphie a fait oublier, jusqu'à un certain point, les travaux si remarquables qu'il a publiés sur le son et la lumière.

Nous allons maintenant examiner les recherches électriques qu'il fit, dès 1834, sur la vitesse de propagation de l'électricité, et l'on verra que, comme investigateur et comme inventeur, il a su non-seulement découvrir, mais encore appliquer ses découvertes.

Son étude des figures acoustiques, communiquée en 1833 à la Société Royale par le professeur Faraday, l'avait amené à étudier l'aspect et la durée de l'étincelle électrique. Elle conduisit bientôt à la

recherche de la vitesse de la décharge électrique. Dans le *Mémoire* qu'il publia en 1834, il décrit le miroir tournant dont il se servit pour mesurer de très-grandes vitesses et de courts intervalles de temps. Après avoir suspendu un demi-mille de fil de cuivre sur des isolateurs placés dans les caves de *King's-College*, il déchargea une bouteille de Leyde à travers ce circuit, interrompu en trois points (aux deux extrémités et au centre), en face desquels étaient placés des miroirs réfléchissant, en ligne droite, l'image des trois étincelles de la décharge. Lorsque le miroir tournait rapidement, l'image centrale de l'étincelle, qui se produisait au milieu du fil, était retardée; si le miroir ne faisait que 360 révolutions par minute, la retardation n'était pas visible. La vitesse de l'électricité était, par conséquent, moindre que la 360^e partie d'une minute, à travers le circuit d'un demi-mille. En donnant au miroir une vitesse de 800 révolutions par seconde, l'étincelle centrale retardait d'un demi-degré de cercle sur de la ligne des deux autres étincelles, et Wheatstone en déduisit la vitesse de l'électricité à 576,000 milles par seconde.

Cette expérience décida de la voie qu'il suivit depuis.

Dès l'année suivante, 1835, il exhibait, devant ses élèves de *King's-College*, un appareil semblable à celui du baron Schilling, et leur expliquait les découvertes d'Ampère, d'Ørsted, de Schweigger, de Sturgeon et d'Arago. On sait les relations de Schilling et de Sæmmering, et il est reconnu que la première application de la transmission du courant électrique, à travers un conduit métallique isolé, appartient au baron Schilling, officier des armées de l'empereur de Russie. Dès l'automne de 1812, cet officier faisait sauter des mines, au moyen du courant électrique, près de Saint-Petersbourg, à travers la Néva. Il répéta cette expérience en enflammant de la poudre d'un bord à l'autre de la Seine, à Paris, en 1814, lors de l'invasion. En 1830, il avait déjà inventé son télégraphe électro-magnétique (1), que William Fothergill Cooke put voir à Bonn ou à Heidelberg, où il étudiait alors l'art des constructions anatomiques en cire pour le compte de son père.

Comprenant l'utilité d'une pareille invention, M. Cooke se hâta de rentrer en Angleterre, où les travaux de Wheatstone faisaient déjà grand bruit. Par l'intermédiaire de Faraday, Cooke et Wheatstone devinrent associés et unirent leurs efforts pour établir la télégraphie en Angleterre.

En juin 1837, un brevet, au nom de Cooke et Wheatstone, fut pris

(1) Lire l'intéressant historique du Dr Hamel publié par le *Journal of the Society of Arts*, de Londres, en juillet 1859. .

en Angleterre pour un appareil demandant cinq fils de ligne, sans compter un sixième formant le circuit de retour. Cet appareil avait cinq galvanomètres à aiguilles, qui, par un ingénieux système de permutations, étaient déviées de telle façon que la convergence de deux d'entre elles montrait la lettre signalée sur un cadran en forme de losange. Les fils de ligne étaient isolés, au moyen de poix minérale et de matières fibreuses, et renfermés dans des tubes en plomb enfouis sous la terre.

La première ligne, qui fut établie en 1837, à *Euston Railway Station*, donna des résultats péremptoirement satisfaisants; et Sir Charles Fox, alors ingénieur en chef du chemin de fer de Londres à Birmingham, conseilla à sa Compagnie l'emploi du télégraphe dans l'exploitation de la voie. Les lignes télégraphiques de Paddington à Drayton et de Londres à Blackwall furent installées en 1838 et 1839, et sont l'origine du réseau des télégraphes anglais.

L'association de Cooke et de Wheatstone fut rompue, quelques années plus tard, par suite de difficultés, qui furent réglées par Sir M. Isambart Brunel et le professeur Daniell. On reconnaît que Cooke avait pratiquement et matériellement introduit le télégraphe en Angleterre, décidant toutefois : que les profondes et remarquables découvertes de Wheatstone avaient depuis longtemps préparé le public à accueillir favorablement le projet de télégraphie, et à le considérer comme pouvant recevoir une application pratique.

Ce qu'il y a de certain, c'est que depuis 1837 jusqu'à sa mort, Wheatstone a constamment travaillé en vue d'apporter des améliorations à la télégraphie, et l'on cherche vainement un perfectionnement du même genre de la part de son ancien associé, qui a toutefois reçu les mêmes honneurs.

L'histoire des inventions de Sir Charles Wheatstone est, pour ainsi dire, celle de la télégraphie, et il est temps de faire justice des prétentions de ceux qui ont utilisé, à leur profit, le travail et le mérite des inventeurs. Qui parle de Schilling à l'heure actuelle? Il est pourtant un des premiers inventeurs de la télégraphie, tandis que le nom du peintre Morse est dans toutes les bouches. Le piètre essai fait en Amérique, le 2 septembre 1837, avec un appareil des plus grossiers, et n'indiquant même pas les lettres de l'alphabet, fut considéré comme satisfaisant par son auteur. Mais il est certain que, sans l'aide du docteur L.-S. Gale (1), qui enseigna à Morse la construction des bobines d'un électro-aimant, et sans le secours de M. Alfred Vail,

(1) Voir le récit historique du D^r Hamel, *Journal of the Society of Arts*.

qui construisit l'appareil qui porte maintenant le nom de Morse, l'essai *satisfaisant* de 1837 n'aurait pu aboutir à la pratique.

Le professeur Morse (professeur de littérature et de dessin, soit dit en passant), n'avait-il pas alors connaissance des découvertes de Schilling, de Steinheil, de Weber, de Gauss, d'Ampère et d'Ørsted ? Il était pourtant venu en Europe, en 1832, s'occupant sans doute déjà d'électricité et de télégraphie, puisque sa découverte fut faite, suivant lui, à son retour en Amérique, à bord du *Sully*. « Comme Améric Vespuce, qui donna son nom à un continent découvert par Colomb, le nom de Morse a éclipsé, peu à peu, ceux des inventeurs dont l'habile Américain a utilisé les efforts, et cette prise de possession a été consacrée par les gouvernements, qui lui ont accordé de colossales indemnités (1). »

Mais revenons à Wheatstone, qui, dans sa modestie, ne se fatiguait pas d'inventer, même pour le compte d'autrui.

En 1840 (2), il concevait le plan d'un câble sous-marin entre la France et l'Angleterre. Ce câble contenait six conducteurs de cuivre, isolés séparément, et protégés par une armure de fils longitudinaux. La gutta-percha n'avait pas encore été appliquée à la télégraphie à cette époque, et la proposition de Wheatstone ne reçut, d'ailleurs, aucune suite. Toutefois, il avait prévu les difficultés de la télégraphie sous-marine et indiqua les moyens de les vaincre.

Dans cette même année parut son appareil à cadran, dans lequel il faut admirer la méthode ingénieuse employée à transformer la motion alternative d'une armature, en un mouvement circulaire intermittent, destiné à faire mouvoir l'aiguille du cadran.

Cet ingénieux mécanisme fut subséquemment reproduit par Froment, puis bientôt après appliqué par Wheatstone, avec une habileté exquise, aux courants magnético-électriques très-faibles, découverts par Faraday. Aucune invention n'est peut-être plus favorable à l'accélération de la vitesse des transmissions électriques que son système automatique. Dans cet appareil, construit dès 1858, mais perfectionné d'année en année, les contacts électriques sont établis et rompus par un ruban de papier perforé, comme la carte d'un métier Jacquard. Les trous du papier sont préparés de façon à transmettre les signaux du code Morse, à une vitesse de 100 à 160 mots par minute, ou tout aussi vite que la parole la plus rapide. Les vitesses obtenues à la main, par les meilleurs employés, ne dépassent pas 35 mots par minute.

(1) *Revue des Deux-Mondes*, 15 septembre 1875.

(2) *Submarine*. Report.

En 1840, Wheatstone produisit son chronoscope, destiné à mesurer de très-courts intervalles de temps. Cet appareil a été utilisé depuis à la mesure de la vélocité des projectiles. Un mouvement d'horlogerie est mis en détente au moment où le boulet, sortant du canon, brise un fil qui interrompt le circuit électrique ; il se trouve automatiquement rétabli et arrête l'horloge, dès que le projectile vient en contact avec la cible.

Le thermomètre-télégraphe, inventé par lui en 1843, permet d'enregistrer les observations d'appareils météorologiques au moyen de l'électricité, soit dans l'air, au moyen d'un ballon, soit dans les profondeurs de la terre, ou même sous l'eau. Le circuit électrique est complété par le contact du mercure avec un fil de platine placé dans le tube de l'instrument. Cette invention a été copiée de bien des façons depuis, sans souci de son origine. Dans la même année, Wheatstone produisit, le 15 juin, à une des *Bakerian lectures* de la Société Royale (1), son remarquable travail intitulé : *An account of several new instruments and processes for determining the constants of a Voltaic circuit*. Ce travail est un des plus importants jalons de la science électrique, et forme la base du système de mesures exactes qui a remplacé les simples investigations quantitatives des anciens expérimentateurs. Une modification de la pile Daniell fournit le courant, dont la force est réglée par un rhéostat ; un galvanomètre astatique et une série de bobines de résistance forment le *differential resistance measurer*, qui a, depuis, reçu le nom de balance, pont ou parallélogramme de Wheatstone. Cette première application de mesures, par la balance électrique est accompagnée d'un projet d'unité de résistance électrique ; cette unité était déjà construite depuis 1840, et consistait en un fil de cuivre long d'un pied et pesant 100 grains. Wheatstone démontre, dans son travail, comment des multiples définis de cet étalon peuvent être ajoutés ou soustraits d'un circuit donné.

Sa dernière œuvre, qu'il allait présenter à ses collègues de l'Institut lorsque la mort l'a frappé, était un nouvel appareil enregistreur destiné à fonctionner sur les longs câbles sous-marins. Cet appareil n'a pas encore été décrit, mais on en attendait les meilleurs résultats.

Le mérite de Sir C. Wheatstone était reconnu par toutes les Sociétés savantes de l'Europe. La plupart d'entre elles l'avaient admis dans leur sein. Il ne possédait pas moins de trente-quatre diplômes de ce genre. La reine d'Angleterre l'avait anobli, en 1868, en le créant che-

(1) Voir *Phil. Transactions Royal Society*, année 1843, p. 303.

valier ; mais on dit que Wheatstone eût de beaucoup préféré la décoration de l'ordre du Bain ; lord Derby n'y voulut pas consentir, malgré l'intervention de Sir Roderick Murchison. Son mérite était certainement de ceux qu'aucune distinction ne peut récompenser, et ses travaux scientifiques n'ont point de parallèle en étendue, en variété et dans leurs applications diverses.

Sir Charles Wheatstone était très-contenu et peu causeur, et son apparence presque froide. Son esprit paraissait, d'ailleurs, constamment absorbé par les problèmes qui l'assiégeaient. Malgré cela, il était extrêmement précis dans le règlement de ses affaires d'argent et ses paiements, et tenait en ordre méthodique tous ses papiers et ses livres. Il ne fut pourtant jamais homme d'affaire, et paraissait incapable de tenir des comptes.

L'association de M. Cooke a certainement dû lui profiter, dans certaines de ses inventions, qu'il n'aurait peut-être pas poursuivies seul. Ses affaires étaient, d'ailleurs, réglées depuis longtemps par certains membres de sa famille.

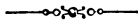
Sir Charles Wheatstone épousa, en 1845, la fille de M. J. West, dont il a eu plusieurs enfants ; la plupart d'entr'eux entouraient son lit de mort, à l'hôtel du Louvre. Avant d'être expédiée à Londres, sa dépouille a été transportée, le 22 novembre, à la chapelle anglaise de la rue d'Aguesseau, et MM. Dumas et Tresca y ont rappelé, au nom de l'Académie des Sciences, la perte que l'humanité venait de faire par la mort d'un homme aussi éminent.

À.-L. TERNANT.

COMPTES-RENDUS

DES

SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE INDUSTRIELLE



Séance mensuelle du 8 Juillet 1875.

Présidence de **M. BIVER.**

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance qui est adopté.

Le Président annonce la mort de deux membres fondateurs : MM. Reynoard, architecte, et René Olivier, Ingénieur civil.

M. CAHIER, Président de la Section d'architecture, donne lecture d'un rapport sur les essais auxquels ont été soumises les briques en laitiers de MM. Savournin et C^e. Ces briques sont formées d'une partie de chaux hydraulique et de deux parties de laitier étonné des Hauts-Fourneaux de Saint-Louis ; le mortier ainsi formé est comprimé dans des moules au moyen d'une presse hydraulique agissant soit sur une face, soit sur les deux faces opposées.

Il résulte de ces essais que la résistance des briques croît avec la pression à laquelle elles sont soumises pendant leur fabrication et avec le temps de leur exposition à l'air.

Les briques fabriquées avec la machine Funcl, à une seule pression, ont donné après 140 jours de fabrication une résistance moyenne de 49 kil., 20 par centimètre carré et après un an leur résistance a été de 77 kil. 77.

La machine Devaux à double pression a donné des résultats bien

supérieurs ; les briques fabriquées avec cette machine à 82 jours seulement d'âge ont présenté les résistances suivantes :

Briques prises à l'extérieur du tas, poids 2 kil.

Résistance par bout	kil. 26.71
» de champs	» 41.94
» à plat	» 77.46

Briques prises au centre du tas, poids 2 kil. 312.

Résistance par bout	kil. 60.00
» de champs	» 74.85
» à plat	» 157.14

On remarquera que les briques prises au centre pesaient 2 k. 312 et que celles prises à l'extérieur ne pesaient que 2 kil., la résistance à plat des premières a été le double de celle des secondes.

Les mêmes briques, après 140 jours de fabrication, ont donné les résultats suivants :

Briques prises à l'extérieur du tas, poids 2 kil. 125.

Résistance par bout	kil. 75.71
» de champs	» 93.86
» à plat	» 134.44

Briques prises au centre du tas, poids 2 kil. 187.

Résistance par bout	kil. 75.00
» de champs	» 95.46
» à plat	» 154.72

Cette dernière résistance a été le double de celle des briques d'un an fabriquées à une seule pression.

M. BARRET communique le rapport de la Section de Mécanique, sur la puissance évaporatoire des chaudières verticales. La même chaudière, pour une consommation de charbon sensiblement la même, a produit :

34 kil. de vapeur par mètre carré, avec les tubes Field.	
58 » » » sans tubes.	
49 » » » avec disques Lugand.	

M. LUGAND dit quelques mots de la saponification sous pression.

Il rappelle que l'appareil de Milly a opéré une véritable révolution économique dans la fabrication des bougies en permettant d'opérer la saponification calcaire rapidement avec 3 % de chaux seulement au lieu de 15 à 16 %.

Cette opération s'effectue sous une pression de 8 à 9 kil., dans des vases en cuivre de 15 à 16 millimètres d'épaisseur, qui doivent être construits avec de grands soins pour éviter les accidents auxquels donnent lieu les moindres fuites; pour les éviter, il suffit, l'appareil étant bien construit, d'enduire la surface externe de l'appareil d'un enduit de chaux caustique; les acides gras qui viennent à suinter rencontrant une quantité de chaux suffisante sont immédiatement neutralisés et n'attaquent pas le métal, de plus, ces faits sont dénoncés très-visiblement et peuvent être réparés immédiatement après la fin de l'opération.

La saponification calcaire est facilitée, dit-il, par une agitation énergique que nous produisons par une disposition analogue à l'injecteur Giffard, déjà un grand nombre de ces agitations sont appliquées en France et ont donné partout d'excellents résultats.

Il y aurait lieu de voir si ce procédé, appliqué à la fabrication des savons de soude ou de potasse, ne donnerait pas de bons résultats; on en fabrique dans ces conditions en Angleterre et le savon ainsi produit ne laisse rien à désirer. Quelques échantillons seront remis à la Société pour être mis à la disposition des fabricants que cela peut intéresser.

La Société a reçu de M. Chevallier une note sur le procédé Hargreaves pour la fabrication du sulfate de soude et de l'acide chlorhydrique, par M. Maxwell Lyte.

M. Marquisan, *, sous-ingénieur des Hauts-Fourneaux de Saint-Louis, a été reçu membre fondateur de la Société.

Séance mensuelle du 12 Août 1875.

Présidence de M. LAUGIER, Commissaire.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. ALFRED JULIEN fait une communication sur les sulfocarbonates alcalins, il dit que jusqu'à ces derniers temps les sulfocarbonates ont été peu étudiés et il a fallu les travaux de M. Dumas, sur la destruc-

tion du phylloxéra par cet agent, pour les faire sortir de l'oubli auxquels ils semblaient condamnés.

Les sulfocarbonates de potassium, sodium et baryum sont les seuls qui aient été proposés.

Les sulfocarbonates de potassium et de sodium sont des corps jaunâtres très-déliquescents; leur solution jaune-rougeâtre rappelle comme couleur les dissolutions concentrées du bichromate potassique, décomposables à la température de l'ébullition et se dissociant facilement à la température ordinaire en sulfures alcalins et sulfure de carbone, surtout lorsqu'ils sont en dissolution étendue.

Il existe trois modes de préparation : le premier, qui donne le véritable sulfocarbonate $\text{KS. CS.}^2 \text{NaS. CS.}^2$ s'obtient en agitant vivement une solution concentrée de mono-sulfure de potassium ou de sodium avec un excès de sulfure de carbone. — Le second procédé consiste à mélanger une solution de poly-sulfure alcalin, il donne des produits moins fins et de composition très-variables. — Enfin, un troisième procédé indiqué par M. Dumas donnerait, d'après les expériences de M. Mouillefert, les sulfocarbonates les plus convenables à la destruction du phylloxéra, bien que ne renfermant que de 12 à 14 pour 0/0 de sulfure de carbone. Ce procédé, d'une exécution très-simple, consiste à mélanger intimement par l'agitation une solution de potasse ou de soude caustique avec du sulfure de carbone; il se formerait ainsi, suivant M. Dumas, un oxy-sulfo-carbonate de potassium ou de sodium.

Le sulfocarbonate de baryum se présente sous la forme d'une poudre amorphe jaune-citron; il est peu soluble dans l'eau, paraît résister à l'état sec, à la décomposition et n'est nullement déliquescent comme le prétend M. Pelouze dans son *Traité de chimie générale*; il s'obtient avec la plus grande facilité en mélangeant une solution de sulfure de baryum avec du sulfure de carbone, par l'agitation il se dépose au fond de l'appareil une poudre jaunâtre qui n'est autre chose que du sulfocarbonate de baryum.

D'après M. Dumas, le sulfocarbonate ainsi produit serait un oxy-sulfocarbonate.

Le procédé indiqué par MM. Delachanal et Mermet consiste à transformer le sulfocarbonate alcalin en sulfocarbonate de plomb au moyen de l'acétate de plomb et à décomposer ensuite ce sulfocarbonate en sulfure de plomb et en sulfure de carbone au moyen de la chaleur.

L'appareil se compose d'un ballon en verre dans lequel on met 10 grammes de sulfocarbonate à analyser et on le transforme en sulfo-

carbonate de plomb en y ajoutant 150 cent. cubes de ce sel par litre ; on y ajoute ensuite 100 cent. cubes d'acide acétique ; l'on chauffe jusqu'à l'ébullition et l'on reçoit le sulfure de carbone mélangé de vapeur d'eau dans deux tubes de Cloez. Le premier, rempli d'acide sulfurique concentré, est destiné à recueillir et condenser la vapeur d'eau ; le second, rempli d'huile d'olive, absorbe les vapeurs du sulfure du carbone et les retient ; le tube de Cloez est taré avant, on le pèse une fois l'expérience finie, la différence de poids indique ainsi la teneur en sulfure de carbone du sulfocarbonate essayé.

Pour reconnaître qualitativement des traces très-faibles de sulfocarbonate, le meilleur réactif à employer est un sel ammoniacal de cuivre, qui prend, par l'addition d'un peu de sulfocarbonate, une coloration rouge très-sensible. Réciproquement, les sulfocarbonates alcalins constituent un réactif très-sensible pour apprécier des traces de cuivre dans un liquide.

M. LUGAND demande à M. Jullien si le sulfocarbonate de potassium est réellement efficace.

M. JULLIEN répond que M. Barthelet pourra donner à ce sujet des renseignements à la Société, car il arrive d'un voyage entrepris spécialement pour étudier les effets des sulfocarbonates dans les Charentes.

M. LE PRÉSIDENT invite M. Barthelet à prendre la parole.

**Communication de M. Barthelet (de la maison Camille Allier et Barthelet Frères),
ancien élève de Grignon, membre fondateur.**

MESSIEURS ,

Puisque vous désirez avoir quelques détails sur les résultats obtenus avec les sulfocarbonates, je crois nécessaire de rappeler tout ce qui s'est fait au laboratoire de Cognac, car l'emploi des sulfocarbonates est le résultat des recherches qui y ont été entreprises.

I. — En 1873, M. Lecoq de Boisbaudran, bien connu de vous par ses beaux travaux sur la lumière et sur la sursaturation des sels, constata le phylloxéra dans ses vignes à Cognac.

On était loin de soupçonner, dans les Charentes, le phylloxéra que l'on croyait ne pas dépasser le Bordelais : l'émoi fut d'autant plus grand que l'on avait moins craint l'imminence du mal.

L'on voulut y chercher un remède, et par l'initiative de M. Lecoq de Boisbaudran, une souscription privée fut ouverte à Cognac pour couvrir les frais de recherche : on assura ainsi pour trois ans une somme annuelle d'une dizaine de mille francs.

On demanda à M. Dumas de désigner une personne qui put faire ces travaux : MM. Max Cornu, suppléant du cours de M. Brongniart, et P. Mouillefert, chargé du cours de sylviculture à l'école de Grignon, furent choisis.

II. — On résolut d'étudier méthodiquement et scientifiquement les divers remèdes proposés contre le phylloxéra.

On commença par grouper toutes les substances expérimentées en catégories.

« La pensée dirigeante de cette classification était, que ces corps, « voisins les uns des autres, devaient avoir des actions analogues. « Que si, par exemple, l'un d'eux donne de bons résultats, les autres « de la même catégorie, par leurs propriétés analogues, pourront « donner des résultats semblables ; que l'un d'eux pourra peut-être « remplacer l'autre, soit qu'il soit moins cher, plus transportable, « plus volatil, solide au lieu d'être liquide. » (Max. Cornu. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*).

La classification faite, voici comme on opérait pour économiser le plus possible le temps et l'argent.

On soumettait les corps à expérimenter à des épreuves successives, et l'échec dans l'une dispensait des suivantes.

1^{re} épreuve : on essayait si la matière tuait le phylloxéra par son contact ou son odeur, dans un temps plus ou moins long.

Les corps qui satisfaisaient à cette 1^{re} épreuve étaient soumis à la seconde, qui consistait à essayer s'ils ne tuaient pas la vigne.

Par la 3^{me} épreuve, on voyait s'ils tuaient le phylloxéra dans les vignes en pot.

Enfin, après les éliminations amenées par ces trois épreuves, on passait à la dernière, l'épreuve décisive, l'épreuve de la grande culture.

III. — Trois corps seuls avaient donné quelques résultats partiels en grande culture :

1° *Le cyanure de potassium*, inapplicable à cause de ses dangers pour l'homme.

2° *Le goudron de houille*, qui, malheureusement, ne tue le phylloxéra qu'au contact ou à une très-petite distance ; sa diffusibilité extrêmement faible l'empêche d'atteindre toutes les parties phylloxérées.

3° *Le sulfure de carbone* avait donné d'excellents résultats pour la destruction du phylloxéra, mais souvent il tuait la vigne. Il fallait saisir la dose excessivement délicate et variable d'une saison à une autre, ou sans être déjà toxique pour la vigne, il l'était encore pour le phylloxéra.

IV. — On devait donc chercher un moyen de faire dégager lentement le sulfure de carbone de façon à produire une atmosphère dans les conditions que je viens de signaler.

M. Lecoq de Boisbaudran avait essayé, sans grand succès, de placer à une certaine profondeur, le sulfure de carbone dans des tubes de verre, simplement fermés par un bouchon de paille.

M. Dumas pensa alors à une série de corps, encore bien peu connus, les *sulfocarbonates* : disséminés dans tout le sol, ils devaient laisser peu à peu dégager du sulfure de carbone, et réaliser le but cherché.

V. — L'expérience répondit aux espérances de M. Dumas, en les dépassant même.

Le sulfocarbonate de potassium, le premier essayé tue le phylloxéra non-seulement par le sulfure de carbone qu'il laisse dégager, c'est-à-dire par son atmosphère, mais surtout et plus encore par son contact. A ce sujet, Messieurs, nul doute : j'ai visité les vignobles de Cognac ainsi traités et j'ai pu constater l'efficacité du sulfocarbonate de potassium. M. Mouillefert a classé en trois catégories les vignobles phylloxérés :

1° Ceux qui, atteints par le phylloxéra, peuvent mûrir leur récolte et végéter encore l'année suivante ;

2° Ceux qui mûriront leur récolte pendante, mais mourront l'année suivante ;

3° Ceux qui, non-seulement ne mûriront pas la récolte, mais mourront avant la fin de l'année.

Eh bien ! *Les vignes traitées au sulfocarbonate de potassium, à quelle catégorie qu'elles appartiennent, mûriront cette année leur récolte.*

J'ai vu sur ces racines du *chevelu nouveau* développé après l'application du remède, dont la plus petite partie seulement est attaquée par les phylloxéras échappés à l'intoxication. Le chevelu attaqué rempli, comme l'a démontré M. Cornu, ses fonctions jusqu'à l'hiver et assure ainsi la récolte pendante.

Les vignes de la 3^{me} catégorie, au printemps prochain, se trouveront en bien meilleur état que ce printemps-ci, car le chevelu non attaqué aura persisté cet hiver et leur donnera des moyens d'absorption

qu'elles n'avaient pas, il y a six mois, et une nouvelle application les remettra complètement.

Il restera encore, évidemment des phylloxéras, mais en quantité trop minime pour entraver la végétation.

Certaines expériences accusent aux yeux les moins expérimentés une espèce de résurrection de la vigne.

Des ceps traités au moment où ils mouraient, où ils étaient incapables de former leurs fleurs, avaient, sous l'influence du nouveau chevelu, repris une très-belle végétation. A côté d'eux des ceps non traités parce que on les avait crus sains, étaient souffrants, quoique portant une belle récolte.

Rien n'était plus curieux que de les comparer avec les ceps traités, plus vigoureux et plus verts et pourtant sans raisins; on voyait du premier coup que la résurrection avait été postérieure à l'époque de la floraison.

Théoriquement, la question est résolue à Cognac, il existe un corps qui tue le phylloxéra à une dose qui ne tue pas la vigne (1), de telle sorte qu'une vigne ainsi traitée peut reformer en deux saisons et par deux applications le chevelu nécessaire à sa végétation normale.

VI. — Mais à quel prix ?

Ici, se dresse une grave question, celle du prix dè revient.

Le prix du sulfocarbonate n'est pas, après tout, une grosse difficulté, car, sous l'influence d'une grande demande, on pourra notablement l'abaisser.

Mais ce qui rendra son application toujours coûteuse et bien souvent impossible, c'est la quantité d'eau exigée.

Ici, Messieurs, permettez-moi de revenir un moment sur les principes qui doivent guider dans les recherches d'un insecticide contre le phylloxéra.

Le phylloxéra est disséminé dans le sol à toutes les profondeurs, depuis quelques centimètres au-dessous de la surface jusqu'à un mètre et plus. *Il faut l'atteindre partout*, car sa fécondité est telle que le réenvahissement serait très-rapide.

Le phylloxéra donne en moyenne au bout de 20 jours 30 produits

(1) Le sulfocarbonate tue cependant la vigne à doses trop fortes, mais seulement en été au moment où la vigne absorbe le plus. En ces conditions il faut éviter d'employer plus de 200^{cc} de sulfocarbonate par pied de vigne. En hiver, le sulfocarbonate paraît absolument sans action sur le végétal.

Il faut en outre noter que le sulfocarbonate brûle les feuilles et les organes herbacés de la vigne.

parthénogénérateurs qui, au bout de 20 jours, donnent encore 30 produits semblables à eux-mêmes. Il est facile de calculer ce que peut devenir une progression géométrique dont la raison est 30 et dont le nombre des termes est égal à celui des jours dont la température est supérieure à 15° divisé par 20.

Il faut donc atteindre tous les phylloxéras.

L'insecticide ne pourra être que gazeux ou liquide. Gazeux...., n'y songeons pas. Le sol est tellement chambré, que la diffusion du gaz y est très-faible. Voyez, au-dessous d'un sol labouré, à quelle distance l'oxygène enfermé par le labour a agi ? Même avec pression, la diffusion atteint bien rarement 3 centimètres. Et s'il s'agit de gaz ou de vapeurs solubles dans l'eau, la moindre humidité oppose à cette diffusion des obstacles infranchissables.

Reste la forme liquide... Mais pour qu'un liquide imprègne une profondeur d'un mètre sur un mètre de superficie, soit un mètre cube, il faut au moins 30 litres... 30 litres par mètre carré ! mais c'est 300 mètres cubes à l'hectare !

Tout d'abord, il est évident que ce ne peut être qu'une solution aqueuse qu'on puisse répandre avec une telle abondance. On ne peut songer à mettre par mètre carré 30 litres d'un corps fabriqué spécialement.

Cependant, si c'est une solution aqueuse, on peut utiliser l'humidité du sol. Et en effet, dans le cas du sulfocarbonate de potassium, j'ai vu des vignes traitées à 6 litres par mètre carré en prévision d'une pluie, qui s'est réalisée, aussi bien déphylloxérée que des vignes traitées à 30 litres.

VII. — Une idée se présente aussitôt à l'esprit : s'il faut tant d'eau pour servir de véhicule au toxique, que n'utilise-t-on pas les pluies d'automne, d'hiver et de printemps qui atteignent les couches inférieures du sol arable ?

Certainement, on les utilisera toutes les fois que le toxique sera assez stable pour persister dans le sol avec ses propriétés jusqu'au moment où les pluies viendront le diffuser ; jusqu'au moment où les infiltrations pluviales pourront le porter jusqu'au contact des phylloxéras.

VIII. — Jusqu'à quel point le sulfocarbonate est-il stable ?

Je crois que l'on n'en sait rien.

Il est certain qu'il n'est pas très-stable, et qu'au bout de peu de temps il est décomposé dans le sol.

Combien faut-il de temps pour cela ? Au bout de trois jours l'acétate de plomb ne le décèle plus : mais l'acétate de plomb ne donne-t-il plus de réaction parce que le sulfocarbonate n'existe plus ? ou parce que la dissolution, par suite de la diffusion est descendue au-dessous de $\frac{4}{50000}$, limite de la sensibilité de l'acétate ? Peut-être qu'au sulfate de cuivre ammoniacal, réactif recommandé par M. Jullien, on l'eût encore reconnu dans le sol. Le sulfate de cuivre ammoniacal décèlerait le sulfocarbonate au $\frac{4}{100000}$, alors que la dissolution au $\frac{4}{200000}$ est encore toxique pour le phylloxéra.

A tout dire, M. P. Mouillefert, voyant dans l'existence du phylloxéra un réactif sensible pour déceler la présence du sulfocarbonate a, au bout de trois ou quatre jours, mis dans le sol d'un vignoble traité au sulfocarbonate de potassium, — à une faible profondeur, il est vrai, — une racine phylloxérée, et a reconnu que les phylloxéras ne mourraient point.

La conclusion à tirer de cette expérience est que, *au point où a été mise la racine phylloxérée*, — ou le sulfate de potassium n'existait plus, — ou sa dissolution était descendue à un titre au-dessous de $\frac{4}{200000}$.

Qui dit qu'au-dessous de ce point l'eau de constitution du sol ne retenait pas encore suffisamment de sulfocarbonate ?

IX. — Maissi le sulfocarbonate de potassium paraît peu stable, celui de baryum semble l'être bien davantage. Deux expériences, malheureusement incomplètes, faites à Cognac, permettent d'espérer que le sulfocarbonate de baryum sera susceptible d'attendre dans le sol le moment où les pluies d'automne, d'hiver et de printemps pourront le diffuser.

En outre, son prix est bien inférieur à celui du sulfocarbonate de potassium.

X. — *S'il en est ainsi, si le sulfocarbonate de baryum est assez stable pour être employé à l'automne, de façon à attendre pour sa diffusion dans le sol, les pluies hivernales, la question est résolue.*

L'application d'un corps quelconque soit solide, soit liquide, peut se faire sans grandes dépenses.

Pour les liquides, M. F. Gueyraud, lauréat de la prime d'honneur, dans les Basses-Alpes, a fait breveter un petit appareil, d'un prix inférieur à 10 francs, et d'un poids inférieur à 3 kilos, qu'il nomme *pal distributeur*.

Il se compose d'un pal creux, fermé à sa partie inférieure par un cône plein, surmonté d'une tige qui le retient, tout en permettant l'écoulement d'un liquide arrivant par l'intérieur du pal. Une chambre à volume calculé permet de mesurer le liquide que l'on veut faire écouler dans chaque trou du pal. Une soupape permet de vider instantanément cette chambre.

S'il s'agit d'un solide, on pourra employer un petit semoir à engrais, ou mieux encore, une charrue dont le modèle unique se trouve dans la collection d'instruments de Grignon. Le versoir de cette charrue, au lieu de renverser la bande, ne fait que la soulever et la laisse retomber à sa place primitive. Pendant ce soulèvement, un semoir à engrais placé sur l'âge, au-dessus du versoir, et actionné par la roue de l'avant-train, laisse tomber à la profondeur du labour, au-dessous de la bande soulevée, l'engrais que l'on veut enfouir.

Dans un cas comme dans l'autre, les frais d'épandage ne dépasseront pas fr. 40 l'hectare.

Aussi, comprendra-t-on l'intérêt que l'on apporte aux nouvelles expériences tentées à Cognac avec le sulfocarbonate de baryum.

XI. — Je m'en suis tenu aux expériences de Cognac, et vous remarquerez, Messieurs, que je n'ai absolument rien dit d'une autre série d'expériences des plus intéressantes, poursuivies au Mas-de-las-Sorres, par la Commission de l'Hérault.

Ce serait toute une autre manière d'étudier la question qu'il faudrait examiner, et ce n'est point ici le moment.

XII. — En terminant, Messieurs, permettez moi de vous mettre en garde contre des jugements trop précipités en ces matières : que de remèdes n'avons-nous pas vu vantés un jour et abandonnés le lendemain !

Laissez-moi vous rappeler que l'absence de phylloxéras sur une vigne traitée ne prouve pas l'efficacité d'un remède, car une vigne peut être indemne, à côté de vignes mortes, tout simplement parce que le phylloxéra ne l'a pas encore attaquée. Avant tout, examinez les racines, et vous verrez si le phylloxéra a passé par là : *il laisse de telles traces qu'il n'y a pas à s'y tromper. Si une vigne ne porte pas les cicatrices phylloxériques, c'est qu'elle n'a jamais été phylloxérée.*

Et si vous trouvez une vigne phylloxérée depuis longtemps, en pleine végétation, examinez le sous-sol, vérifiez si par les engrais, ou toute autre cause, on n'a pas déterminé l'émission de racines dans le sous-sol, à travers une couche que le phylloxéra ne peut traverser.

C'est un cas assez fréquent dans nos pays où le sous-sol contient souvent des couches sableuses qui, toutes minces qu'elles soient, sont un obstacle invincible à la propagation du phylloxéra et ne le sont pas au développement des racines : en pareil cas, la vigne reforme au-dessous de cette couche, un nouvel appareil radical, absolument à l'abri du phylloxéra.

Ce n'est pas seulement l'intérêt de la science qui doit vous retenir, Messieurs, de jugements précipités : il y va de l'intérêt même du pays. En faisant naître trop souvent de fausses espérances dans le cœur de nos vignerons, on finira par les rendre incrédules à la vérité elle-même, et le jour où le véritable remède sera trouvé, on risque de ne trouver que des viticulteurs découragés, décidés à refuser de la science les secours efficaces qu'elle aura enfin découverts.

M. STAPFER lit un travail sur les locomotives à air comprimé, sur leurs avantages et leurs inconvénients au point de vue pratique et l'avenir qui est réservé à ce genre de moteurs.

M. BARTHELET interpelle le président au sujet de la réception à Marseille pour l'année 1875 de l'Association Française pour l'avancement des sciences. La question est urgente puisque la Société se réunissant au mois d'Août à Nantes, elle doit prendre une décision sur la localité où aura lieu la prochaine réunion.

M. Stapfer répond que les pétitions au Conseil Général et à la Commission Municipale pour obtenir un subside de ces autorités ont été remises en temps utile, mais que nous n'avons pas encore reçu de réponse et qu'en présence de l'inertie des autorités nous nous voyons obligés de renoncer à notre projet d'offrir l'hospitalité à l'Association Française pour la réunion de 1876.

Le président lit une lettre de M. Costa demandant l'examen du mastic calorifuge Pellegrin et présente des échantillons à l'appui de sa demande.

Renvoyé à la section de mécanique.

La Société a reçu de M. Bainier, sous-directeur de l'Ecole de Commerce de Marseille, un exemplaire de son cours de géographie commerciale comprenant l'Afrique.

De M. G. Cantoni, professeur de l'Ecole d'Agriculture de Milan, trois exemplaires sur l'enseignement agricole.

La Société a reçu, membres-fondateurs :

MM. BOYER GABRIEL, administrateur des raffineries de la Méditerranée ;
ROSSOLLIN HONORÉ, rentier ; MATHERON FRÉDÉRIC, ingénieur-civil et entrepreneur.

Séance mensuelle du 9 Septembre 1875.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbat de la dernière séance, qui est adopté.

L'ordre du jour portant une communication de M. Biver sur les outils à travailler la pierre, le président cède son fauteuil à M. Laugier, commissaire.

M. BIVER, dans un récent voyage en Angleterre, a eu l'occasion de voir plusieurs outils qu'il croit complètement inconnus en France.

Le plus récent est l'outil à tailler les meules dont l'annonce se trouve dans le journal *Engineering* du 4 juin 1875, page 383.

Un disque en acier, dont la tranche chanfreinée forme un taillant ou ciseau continu, tourne librement sur un axe perpendiculaire à son plan, en se présentant sous un angle de 45° environ à la meule à aiguïser que l'on veut retailler, cette meule est animée de son mouvement de rotation ordinaire. On règle d'abord la distance du disque à l'axe de la meule, puis on fait mouvoir l'outil parallèlement à cet axe, au moyen d'une vis jusqu'à ce qu'il vienne mordre à la pierre, il trace un rayon circulaire sur la tranche de la pierre, si ce sillon est bien placé, l'ouvrier fait mouvoir lentement l'outil en tournant la vis à l'aide d'une manivelle, le sillon circulaire se transforme ainsi en une hélice d'un pas très-court et au bout d'un ou deux passages très-rapides, la meule peut être parfaitement dressée. La disque d'acier roule sur la surface de la meule sans l'échauffer, sans s'user notablement et sans produire d'étincelles.

Le disque ciseau de M. Brunton a été appliqué par lui à des tours et à des machines à raboter installées dans plusieurs usines où l'on travaille le granit. Dans ces applications, M. Brunton donne au disque un mouvement de rotation plus ou moins rapide autour d'un axe excentrique à peu près perpendiculaire à la surface à raboter ou à l'axe du tour. Les disques-ciseaux tournent toujours librement autour de leur axe de figure, et suivant la nature de la pierre, cet axe fait un angle de 15° à 45° avec l'axe excentrique; souvent plusieurs disques-ciseaux sont réunis sur un même porte-outils tournant

autour de cet axe qui, excentrique par rapport à chaque disque, devient concentrique avec le porte-outils.

M. BIVER a vu dégrossir un tronçon de colonne de granit brut, de 0^m,50 de longueur, au diamètre de 0^m,30, l'opération a duré 20 minutes; les copeaux de granit produits avaient un poids moyen d'environ 125 grammes, ce qui indique une faible consommation de force motrice. Pour terminer les formes, pousser les moulures, etc., on doit attaquer le granit sur une épaisseur moindre et l'on arrive à exécuter en très-peu de temps, avec un fini remarquable, des formes de balustres, vases, etc., assez compliquées. Les disques ciseaux servent en moyenne 1 $\frac{1}{2}$ jour sans repasser à la forge.

C'est le même porte-outils muni de plusieurs disques ciseaux, que M. Brunton a monté d'une manière spéciale de façon à l'adapter au creusement des tunnels. La machine de M. Brunton, dont le dessin a paru dans l'*Illustration Française* du 30 janvier 1875, a été essayée à plusieurs reprises dans la craie grise, en vue de l'exécution du tunnel de la Manche en présence de plusieurs ingénieurs et savants. Cette machine a fait le 24 janvier 1871, un avancement de 6 p. 7 p^e (2 mètres) en 1 heure 47 minutes. La machine à tunnel de M. Brunton réduit tout le cube de la galerie en fragments d'un faible volume sans l'emploi de matières explosibles; en même temps elle ramasse ces fragments et les rejette à l'arrière de tout le mécanisme; dans les vases de transport. Cette machine peut donc fonctionner d'une manière tout-à-fait continue (sauf les graissages, réparations, etc.) à l'inverse des perforatrices du Saint-Gothard, dont l'action mécanique ne s'exerce que pendant une fraction assez faible de temps total de travail. Cet avantage permet d'espérer de la machine Brunton une vitesse et une économie inconnues jusqu'à ce jour.

M. BIVER a traité avec M. Brunton pour l'emploi de sa machine à tunnels dans les travaux de la Société Anonyme de charbonnages des Bouches-du-Rhône.

La Société a reçu membres fondateurs :

MM. Jules COUTURE, Directeur de l'exploitation du gaz et Hauts-Fourneaux; Octave MARIOTTE, Ingénieur civil.

M. BAZET a envoyé à la Société divers objets en zing, pierre et poterie recouverts d'un enduit nommé par l'inventeur *Néo-Sylexore*, les modèles sont exposés à la salle de lecture.

M. BARTHELET fait observer que ce procédé avait été breveté par la Compagnie de la Vieille-Montagne, mais qu'elle a abandonné son brevet, qui est tombé dans le domaine public.

Ouvrages reçus pendant le 3^m trimestre 1875 (Échanges)

De l'Association Scientifique de France :

Les n^{os} 400 à 412 de son Bulletin ;

de la Société Industrielle d'Amiens :

Ses Bulletins de janvier à juillet 1875 ;

de la Société d'Horticulture de Marseille :

Ses Bulletins de juin, juillet et août 1875 ;

de la Société d'Agriculture de Marseille :

Ses Bulletins de mai et juin 1875 ;

du Cercle des Mécaniciens de Marseille :

Son Bulletin n^o 26 de 1875 ;

de l'Association des anciens élèves de l'École Centrale :

Ses Bulletins de juin à septembre 1875 ;

de la Société des Ingénieurs civils de Paris :

Ses Comptes-Rendus de juillet à septembre et ses Mémoires de janvier, février et mars 1875 ;

de la Société de Géographie de Paris :

Ses Bulletins de mai à août 1875 ;

de la Société des Sciences Industrielles de Lyon :

Ses Bulletins n^{os} 3 et 4 de 1875 ;

de la Société Industrielle de Reims :

Ses Bulletins n^{os} 43 et 44 de 1875 ;

de la Société des anciens élèves des Écoles d'Arts-et-Métiers :

Ses Bulletins de février à juillet 1875 ;

de l'Union des Charbonnages de Liège :

Ses Bulletins de mai à juillet 1875 ;

de la Société Industrielle de Mulhouse :

Son Compte-Rendu de juillet et ses Bulletins de mai et juin 1875 ;

des Annales Industrielles :

Ses livraisons de juillet, août et septembre 1875 ;

de la Revue Industrielle :

Ses numéros de juillet, août et septembre 1875 ;

du Moniteur des produits chimiques :

Ses numéros de juillet, août et septembre 1875 ;

de l'Économiste Français :

Ses numéros de juillet, août et septembre 1875 ;

de la Revue Maritime et Coloniale :

Ses numéros de juillet, août et septembre 1875 ;

de la Société des Ingénieurs civils de Londres :

Ses Bulletins numéros 40 et 41 de 1875 ;

de la Société du fer et de l'acier de Londres :

Son Bulletin du 1^{er} semestre 1875 ;

de la Société des Ingénieurs électriciens de Londres :

Son 2^e Bulletin de 1875 ;

de la Société française de photographie :

Ses Bulletins de juillet, août et septembre 1875 ;

de la Revue Universelle des Mines, de Ch. de Cuyper :

Son numéro de mai et juin 1875 ;

des Annales du Génie civil :

Ses numéros de juin à septembre 1875 ;

de la Société Industrielle du nord de la France :

Son Compte-Rendu de juillet et son Bulletin n° 8 de 1875 ;

de la Société Industrielle de Rouen :

Son Bulletin n° 2 de 1875 ;

du Musée de l'Industrie de Belgique :

Ses Bulletins de juillet, août et septembre 1875 ;

du journal Iron de Londres ;

Ses numéros de septembre 1875 ;

La Société a reçu pendant le trimestre :

De M. G. CANTONI, de Milan :

- 1° Nota sulla fonzione delle coltivazioni migliarotrici ;
- 2° Nota sull'importanza et sull'indirizzo della meteorologia agraria ;
- 3° De l'enseignement supérieur agricole ;

de M. BAINIER, Paul :

La 2^e partie de son cours de géographie commerciale, comprenant l'Afrique ;

De la Société des Ingénieurs civil de Londres ;

Abstracts of papers in foreign transactions and periodicals ;

De M. G. GLEIZE :

- 1° De l'entretien et de la construction des voies empierrées et sablées de la ville de Marseille ;
- 2° Fournitures des pavés neufs pour l'entretien des voies publiques ;
- 3° Pavage et main-d'œuvre ;

de M. CHEVRET :

10 Numéros de la Métallurgie.

Liste des membres reçus pendant le 3^me trimestre 1875.

Fondateurs : MM. BOYER, G., administrateur des raffineries de la Méditerranée.

COUTURE, J., directeur de l'Exploitation du gaz et Hauts-Fourneaux.

MARIOTTE, O., ingénieur civil.

MARQUISAN, *, ingénieur, secrétaire de la direction du gaz et Hauts-Fourneaux.

MATHERON, F., ingénieur civil et entrepreneur.

ROSSOLLIN, Honoré, rentier.

VARIÉTÉS

L'ACIER COMPRIMÉ A L'ÉTAT FLUIDE

Par Sir J. WHITWORTH Bart.

Extrait du Bulletin de la Société de Birmingham.

Pour couler l'acier on emploie dans les ateliers de Manchester, le creuset, le convertisseur Bessemer ou le four Siemens-Martin, et la pression est appliquée sur le métal fluide ainsi coulé, dans chaque cas, aussi promptement que possible après la sortie du fourneau.

L'acier au creuset pour les constructions, ne tardera pas à être remplacé par le métal produit par le convertisseur Bessemer ou le four Siemens. Quoique l'acier au creuset soit quelquefois spécifié dans les demandes, eu égard à sa prétendue supériorité, il est certain que cette qualité supérieure, quand elle existe, est due à l'emploi de matières plus pures dans sa production, et si des fers de même pureté sont employés dans les autres procédés, on obtient un produit égal en résistance et en ductilité à l'acier au creuset.

Les spécimens d'acier comprimé ont une résistance de 60 kilog. par millimètre carré; les cylindres qui ont été brisés par des décharges successives de poudre à canon, ne volent pas en éclats, mais présentent les mêmes déchirures que du papier.

La définition du fer et de l'acier généralement tirée du mode de fabrication n'est pas plus exacte que celle déduite de la composition chimique, et l'on montre une pièce d'acier qui a été chauffée au rouge naissant et plongée dans l'eau froide; ce traitement lui a donné de la force, sa résistance à la traction s'est élevée de 50 à 70 kilog. par millimètre carré, et elle a conservé une ductilité de 24 pour cent, ce qui indique l'absence de cet état cassant qui est caractéristique de l'acier trempé.

Les qualités de l'acier devront être ramenées uniquement à deux chiffres, qui indiquent la résistance à la traction et la ductilité; et l'on peut admettre que tout métal dont la résistance à la traction est supérieure à 42 kilos par millimètre carré doit être appelé *acier*, tandis que, en dessous de ce chiffre, il doit s'appeler *fer*.

La capacité d'allongement, appelée ductilité, est d'une importance capitale dans certaines applications, comme pour les canons, les torpilles, les chaudières; tandis que dans certains cas, comme pour les outils, la résistance du métal est plus importante.

Les cylindres d'acier, pour résister avec sécurité aux ébranlements que produit la poudre, doivent avoir une ductilité de 30 %; un chif-

fre plus élevé est inutile, puisque ce métal, au moment de la rupture, ne vole pas en éclats, mais se déchire comme du papier, et un métal plus ductile n'est nécessaire dans aucune construction.

Il est maintenant possible de produire avec certitude, par la compression du métal fluide, de l'acier qui résiste à 60 kil. par millimètre carré, avec un allongement de 30 % de sa longueur primitive avant la rupture. On recommande, pour les essais, des barres de cinq centimètres de longueur, avec une section de trois centimètres carrés.

Un tel métal ne peut pas se tremper assez pour couper d'autres métaux.

Le moule pour la compression fluide a une enveloppe extérieure en acier d'une épaisseur suffisante pour résister à la pression. L'intérieur de cette enveloppe est garni d'assises d'anneaux de fonte, traversés du dedans au dehors par des trous ou canaux, qui permettent au gaz de se dégager à la surface extérieure, entre les rondelles et l'enveloppe d'acier.

Ce dégagement est encore facilité par des canaux verticaux débouchant à l'atmosphère, d'où s'échappent des gaz qui brûlent quelque temps pendant la compression.

L'intérieur du moule est garni de sable réfractaire, qui protège les cercles de fonte, et se laisse traverser par les gaz.

Le noyau est construit comme le moule lui-même.

Le docteur Tyndal, dans une conférence récente, dit en parlant d'une opération faite sous ses yeux :

« Une grande poche avait recueilli le métal fondu de plusieurs creusets, et servait à le verser dans le moule annulaire, qui fut rempli jusqu'au bord. On fit descendre alors sur la masse fondue le piston d'une presse hydraulique. Aussitôt le métal fondu a été projeté en pluie tout alentour ; mais comme la distance entre le plongeur et les parois du moule n'était que de deux millimètres et demi, le métal fluide a été promptement figé et solidifié, et sous le joint ainsi formé la pression s'est élevée à 900 kilos par centimètre carré.

« Les gaz, qui étaient dissous dans la masse fluide ou maintenus sous forme de bulles entre les molécules du métal, se sont échappés à travers les parois du moule, et ont donné lieu à d'abondants jets de gaz, qui brûlaient avec les caractères de l'oxyde de carbone.

« Par ce dégagement des gaz, il s'est produit un raccourcissement considérable du cylindre-fluide. On a maintenu la pression longtemps après que les gaz ont cessé de paraître. Sans cela, le retrait du métal aurait pu produire des efforts nuisibles, capables de briser le lingot, tandis qu'on a obtenu une masse parfaitement homogène. »

Les tableaux suivants donnent : le premier, les résultats des expériences comparatives faites sur des cylindres de fonte, fer et acier, destinés à la fabrication des canons ; le deuxième, la résistance à la traction et la ductilité des différentes qualités d'acier comprimé-fluide de l'usine de Whitworth.

TABLE 1.

Expériences faites sur la rupture de divers métaux par l'explosion de la poudre.

DESCRIPTION DES CYLINDRES	Charge de poudre.	Augmentation de diamètre avant la rupture.	Nombre de morceaux.
Diamètre, 32 mill. — Trou, 19 "/. — Long. 100 "/.			
Fonte de fer	gr. 0.975	0.0000	36
Fer forgé du Staffordshire	gr. 6.175	0.0997	5
Acier fondu comprimé n° 3. Rouge.	gr. 17.875	0.1659	2
Acier fondu comprimé n° 3. Brun	gr. 21.125	0.1950	4
WOOLWICH. TRANSFORMATION DES CANONS EN FONTE.			
Fonte : Tube extérieur, épaisseur, 0 ^m 0046. . . .	1.950	0.0010	fonte 14 fer 1
Fer forgé : » intérieur, » 0 ^m 00165			
CONSTRUCTION DE PARSON.			
Fonte..... Tube extérieur, épaisseur, 0 ^m 0036	5.200	0.0009	fonte 132 fer 25
Acier fondu n° 2 jaune. Tube intérieur, » 0 ^m 00265			
CONSTRUCTION FRANÇAISE.			
Acier fondu n° 2 jaune. Tube extérieur, épaisseur, 0 ^m 00225	5.850	0.0020	acier 20 fonte 71
Fonte..... » intérieur, » 0 ^m 00400			
WOOLWICH. CONSTRUCTION ACTUELLE.			
Fer forgé Tube extérieur, épaisseur, 0.0052	9.100	0.3080	fer 7 acier 1
Acier fondu n° 2 rouge. » intérieur, » 0.00195			

TABLE 2.

Acier fondu comprimé, force de traction et ductilité des différentes qualités

COULEURS ASSIGNÉES aux différentes qualités	FORCE de traction en kil. par "/ carré	ALLONGEMENT ou DUCTILITÉ	APPLICATIONS de la QUALITÉ D'ACIER INDICUÉE
Rouge.	60 k.	32 %	Chaudières. — Bielles. — Cylindres hydrauliques. Arbres coudés, arbres de couche.
Bleu.	72	24 %	Chemises de cylindres. — Tiroirs de locomotives, chabottes pour marteaux et machines à river.
Brun.	87	17 %	Outils à percer la tôle. Poinçons, cisailles, tar- rauds.
Jaune.	102	10 %	Outils à planer, dresser, ou tourner.
Alliage spécial avec Tungstène.	108	14 %	Applications spéciales.

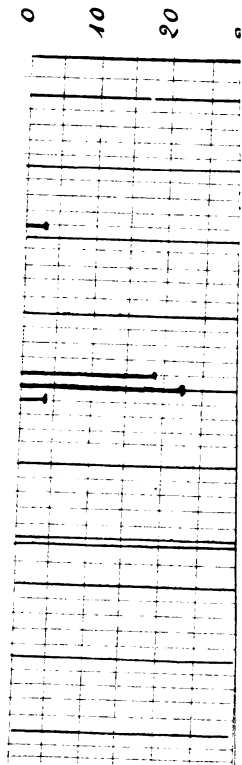
L'un des Secrétaires, gérant :

F. ROUFFIO.

Rumèke & Co.

no.

$48 \frac{m}{m}$. 85.



seille. - 3^e Tr

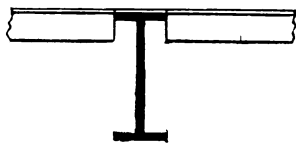
PLANCHERS EN FER

NOUVEAU SYSTÈME DE MOISAGE ET DE HOURDAGE

(Voir le Plan.)

Dans la construction des planchers en fer, on a reconnu depuis longtemps l'insuffisance du *moisage et du hourdage*, tels qu'ils se pratiquent généralement, et malgré le grand nombre de systèmes essayés jusqu'à ce jour, la question est encore si peu résolue que beaucoup de constructeurs continuent leurs recherches, en vue d'une amélioration désirable, sous le double rapport de la solidité de l'ossature et de la légèreté du remplissage, sans toutefois dépasser le prix de revient actuel d'une manière sensible.

L'infériorité du mode actuel consiste, on le sait, *pour le moisage*, en ce que les boulons ou fers méplats à crochets, dont on se sert habituellement pour maintenir les solives et empêcher leur déversement transversal, sont totalement insuffisants pour remplir ce but et on sait aussi que le seul moyen efficace, mais rarement exécuté n'est autre que l'emploi de fers à simple T dont l'âme découpée au



passage de chaque solive (comme exemple ci-contre), maintient celle-ci et constitue un moisage rigide évidemment supérieur à tous les autres : aussi est-ce en adoptant

ce genre de fer, mais autrement disposé, que j'ai été amené à la combinaison générale que l'on verra plus loin.

Quant au *hourdage*, le mode le plus répandu, c'est-à-dire celui du remplissage plein en plâtre et plâtras, fort commode pour l'aire du plancher et pour le plafond, qui se trouvent ainsi et de suite préparés (condition très essentielle), a l'immense désavantage de charger beaucoup et inutilement les planchers, sans rien ajouter à leur résistance.

Le système suivant que j'aie essayé pour le *moisage* et pour le *hourdage* me semble obvier à ces inconvénients, en voici une description sommaire à l'appui des plans et croquis ci-annexés :

1° Transversalement aux solives (et à 1^m 50 d'écartement entr'eux), se place comme moisage, un fer simple T coudé d'équerre à chaque bout, de manière à venir se loger entre les nervures des doubles I. Ces fers reposent sur la nervure inférieure de ceux-ci et sont maintenus par un simple boulon qui traverse une aile de la moise, la solive et l'aile de la moise consécutive, ainsi que le montre le plan.

2° Parallèlement aux solives et au milieu de leur intervalle se place, un même fer à simple T, scellé par bout dans les murs et soutenu au droit de chaque moise (c'est-à-dire tous les 1^m 50) par 2 crochets contre coudés en fer carré de 15 millimètres, posés à libre jeu comme les fantons du système ordinaire (disposition qui m'a paru préférable à une patte fixe et rivée pour la facilité de la pose et du réglage).

3° Comme remplissage, des boisseaux creux en plâtre ou en poterie, de longueur égale à l'intervalle existant entre les nervures, viennent se placer directement sur celles-ci et forment le *hourdage* qui se trouve ainsi et de suite préparé, soit pour l'aire du plancher, soit pour le plafond, qu'on achève ensuite par un simple redressage et enduit au plâtre.

L'ensemble de ce plancher constitue donc : 1° un moisage rigide et effectif ; 2° un remplissage léger et solide ; quant au prix de revient et au calcul de la résistance nécessaire, nous en donnons ci-après le détail dont le résultat nous a paru assez satisfaisant pour tenter l'essai pratique de ce genre de construction et en conseiller l'emploi.

PRIX DE REVIENT COMPARATIF.

N° 1. — Sous-détail pour un plancher de 43 m. de surface, conforme au plan ci-annexé et au nouveau système de moisage et de hourdage y indiqué.

- 9 Solives double I de 20 centimètres de haut, longueurs ensemble prises comprises 57^m 60 à 23 k. le mètre
= 1,325 k. 80, à 35 fr. les 0/0 k.....F. 464 03
- 3 Cours de moises en fer simple T conforme au profil ci-dessous, développant 1^m 15 par travée, soit

A reporter....F. 464 03

	<i>Report.....</i>	<i>F. 464 03</i>
	pour 10 travées 11 ^m 50 et pour 3 cours de moises	
	34 ^m 50 à 4 k. 30 le mètre = 148 k. 35, à fr. 50 les	
	0/0 k.....	74 17
10	Fers simple T comme les précédents, placés entre	
	les solives à 6 ^m 20 chacun = 62 ^m à 4 k. 30 le mètre	
	= 266 k. 80, à fr. 50 les 0/0 k.....	133 40
12 ^m 40	Courant de cornières de 3 centimètres de côté le	
	long des murs, à 2 k. le mètre = 24 k. 80, à fr. 50	
	les 0/0 k.....	12 40
30	Doubles crochets contre-coudés en fer carré de 15	
	millimètres, à 2 fr. 50 la paire.....	75 »
480	Pots creux moulés en plâtre de forme et dimension	
	analogues à l'échantillon indiqué sur le plan, à	
	10 fr. le cent.....	48 »
45	Mètres superficiels pour l'enduit et le redressage de	
	l'aire et du plafond, à 1 fr. 50 le mètre carré.....	67 50
	TOTAL.....	<u>F. 874 50</u>
	Et pour un mètre carré $\frac{874,50}{45} = 19$ fr. 43 cent.	

N° 2. — Sous-détail pour le même plancher, d'après le système ordinaire.

9	Solives double I comme ci-dessus, 1,325 k. 80, à 35 fr. les	
	0/0 k.....	<i>F. 464 03</i>
7	Cours de fautons (à 0 ^m 75 d'écartement) dévelop-	
	pant par travée 1 ^m 40, pour 10 travées 14 ^m et pour	
	7 cours 98 ^m , à 3 k. 12 le mètre = 305 k. 76, à 50 fr.	
	les 0/0 k.....	152 88
12 ^m 40	De carillons par travée et pour 10 travées 124 ^m , à	
	0 k. 80 le mètre = 99 k. 20, à 50 fr. les 0/0 k.....	49 60
45	Mètres superficiels de hourdage plein en plâtre et	
	plâtras, sur 0 ^m 18 cent. de haut, y compris le redres-	
	sage et l'enduit du plafond et de l'aire, à 4 fr.....	180 »
	TOTAL.....	<u>F. 846 51</u>

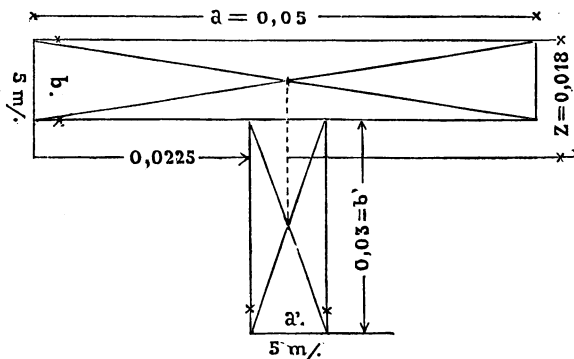
Et pour un mètre carré $\frac{846,51}{45} = 18$ fr. 81 cent.

Différence par mètre carré : 19 fr. 43 c. — 18 fr. 81 c. = 0 fr. 62 c.

NOTA. — Les boisseaux ou pots creux en poterie coûteraient environ 20 fr. le cent, soit le double de ceux en plâtre.

Relativement au calcul de la résistance pour ce plancher. Si nous considérons sa charge normale = 400 k. par mètre carré et le coefficient R admissible pour le fer = 8,000,000 ou 10,000,000 k. par mètre carré de section transversale, on trouve : 1° que pour les solives double I portant chacune une charge de $6^m \times 0,75 \times 400$ k. = 1,800 k. ; il conviendra d'employer un fer ordinaire de ce genre de 20 centimètres de hauteur. Ce fer travaillant entre 8 et 10 k. par millimètre carré est dans de bonnes conditions de résistance.

2° Que pour les simples I employés, tant pour le moisage que pour les fers intermédiaires parallèles aux solives, un fer de ce genre, con forme aux dimensions du profil ci-dessous, sera suffisant, attendu que pour ceux destinés au moisage, leur charge au milieu étant de $(1,50 \times 0,375 \times 400$ k.) = 225 k. et la valeur de $\frac{I}{n}$ d'après les dimensions du profil étant pour le moment d'inertie



$$\frac{I}{n} = \frac{1}{3} \frac{[az^3 - (a - a')(z - b)^3 + a'(b + b' - z)^3]}{b + b' - z}$$

on a en substituant

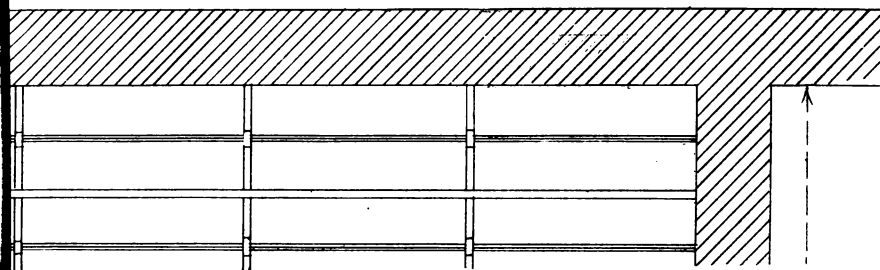
$$\frac{I}{n} = \frac{1}{3} \frac{[0,05 \times 0,018^3 - (0,05 - 0,005)(0,018 - 0,005)^3 + 0,005(0,005 + 0,03 - 0,018)^3]}{0,005 + 0,03 - 0,018}$$

$$\frac{I}{n} = 0,00000422$$

ANCHERS EN FER

ème de Moilage et de Hourdage.

lan à 0^m 02 cent. par mètre.



Or, si on applique à cela la formule relative au cas ci-dessus d'une pièce reposant sur deux appuis et chargée d'un poids P en son milieu $\frac{PL}{4} = R \frac{I}{n}$ qui devient pour savoir à combien travaillera le fer

$$R = \frac{PL}{4 \frac{I}{n}} \text{ et sachant que dans le cas dont il s'agit } P = 225 \text{ k. et } L$$

$= 0,75$, on a, en définitive et en substituant leurs valeurs aux lettres dans cette dernière formule, $\frac{225 \text{ k.} \times 0,75}{4 \times 0,00000422} = 10042857$.

Ce fer travaillera donc à raison de 10 k. par millimètre carré, il est dans de bonnes conditions.

Quant au fer de même profil et dimension posé au milieu de l'intervalle des solives, ayant déjà trouvé la valeur de $\frac{I}{n} = 0,00000422$, si on applique à cela la formule relative à une pièce chargée d'un poids p uniformément réparti sur la longueur $\frac{pL^2}{8} = R \frac{I}{n}$, cette formule devient comme ci-dessus pour savoir à combien travaillera le fer $R = \frac{pL^2}{8 \frac{I}{n}}$ et en sachant que $p = \frac{1,50 \times 0,375 \times 400 \text{ k.}}{1,50} = 150 \text{ k}$

et $L = 1,50$.

On a en substituant leurs valeurs aux lettres

$$\frac{150 \text{ k.} \times 1,50^2}{8 \times 0,00000422} = 10.000.000.$$

Ce fer travaillera donc à raison de 10 k. par millimètre carré, et est aussi dans de bonnes conditions.

JULES RICHAUD.

MACHINES A VAPEUR

ÉTUDE ANALYTIQUE

Par M. Eug. LATTÈS, Ingénieur civil.

I

Une machine à vapeur a un travail déterminé à produire, comment varie la dépense de vapeur nécessaire pour la mettre en mouvement, lorsqu'on fait varier la pression, la contre-pression et la détente?

— Tel est le problème que je me suis proposé de résoudre.
Je suis parti de la formule suivante :

$$T_p = KVh \left[1 + 2,3026 \log \frac{z}{z_0} - \frac{z}{z_0} \frac{h'}{h} \right] \quad (1)$$

qui donne le travail effectué sur le piston d'une machine à vapeur en fonction du volume de vapeur, de la pression, de la contre-pression et de la détente.

Dans cette formule, on désigne par : T_p le travail sur le piston
 V le volume de vapeur dépensé.

K coefficient pratique.

h pression par mètre carré sur le piston, évaluée en kilogrammes.

h' contre-pression par mètre carré, évaluée en kilogrammes.

z longueur de la course, exprimée en mètres.

z_0 longueur d'admission de la vapeur, en mètres.

— Cette formule a été établie en supposant que la vapeur suivait la loi de Mariotte.

Cette hypothèse n'est pas exacte.

Malheureusement, dans le cas de la vapeur, la loi de variations du volume et de la pression, par suite du nombre insuffisant de données expérimentales, n'est pas assez exactement connue pour permettre une étude analytique un peu complète de la question.

Cette étude n'est guère abordable d'une façon générale que dans le cas des vapeurs surchauffées, et encore faut-il admettre que l'équation des lignes adiabétiques des vapeurs surchauffées, peut se représenter, comme celle des gaz permanents, par la relation bien connue $pv^m = \text{constante}$.

Il est bon d'ajouter, que cette hypothèse a été confirmée.

On peut, jusqu'à un certain point, justifier l'emploi de la loi de Mariotte, en faisant remarquer avec le savant professeur de la Faculté des Sciences de Lyon, M. Ledieu, que la pression finale correspond presque toujours à celle que donnerait la loi de Mariotte, grâce à la quantité de vapeur qui se condense pendant l'introduction et restitue de la chaleur pendant la détente. De plus, M. Stapfer, qui s'est beaucoup occupé de cette question, a trouvé que pour les machines construites dans de bonnes conditions, on arrive, avec la loi de Mariotte, à une appréciation suffisamment exacte, en prenant un coefficient de 0,66 pour les machines Woolf ou Compound et un coefficient de 0,55 pour les machines à un cylindre.

Nous admettrons donc comme exacte la formule précédente.

— Prenons le travail d'un cheval vapeur pendant une heure.

Dans ce cas, on aura :

$T_p = 270.000$ kilogrammètres et la formule (1) deviendra :

$$270.000 = Kv \left\{ 1 + 2,3026 \log \frac{z}{z_0} - \frac{z}{z_0} \frac{h'}{h} \right\}$$

d'où l'on tire la valeur de V , volume de vapeur dépensé pendant une heure, pour produire ce travail :

$$V = \frac{270.000}{Kh \left\{ 1 + 2,3026 \log \frac{z}{z_0} - \frac{z}{z_0} \frac{h'}{h} \right\}}$$

ou en passant des logarithmes vulgaires aux logarithmes népériens, ce qui simplifiera les formules :

$$V = \frac{270.000}{Kh \left\{ 1 + L \frac{z}{z_0} - \frac{z}{z_0} \frac{h'}{h} \right\}}$$

Dans cette formule, comme nous l'avons dit précédemment, h et h' représentent la pression et la contrepression par *mètre carré* sur le piston, exprimées en kilogrammes. Si nous désignons maintenant par h et h' , les pressions par centimètre carré, il faudra remplacer dans la relation précédente h et h' par $h \times 10^3 \times 10^3$ et $h' \times 10^3 \times 10^3$, de sorte que la formule précédente deviendra, après simplification

$$V = \frac{27}{K \left\{ h \left(1 + L \frac{z}{z_0} \right) - \frac{z}{z_0} h' \right\}}$$

Ainsi, par exemple, si la pression est de 5 atmosphères, on aura :

$$h = 5 \text{ Kg}, 165$$

— Passons à la formule qui donne le poids de vapeur P , dépensé pour produire pendant une heure le travail d'un cheval vapeur.

Si l'on désigne par t la température de la vapeur correspondant à la pression h , on aura :

$$P = V \times 0,622 \times 1,3 \times \frac{h}{1,033} \times \frac{1}{1 + \alpha t}$$

en remplaçant V par sa valeur, cette relation deviendra :

$$P = \frac{0,622 \times 1,3 \times 27 \times h}{1,033 \times (1 + \alpha t) K \left\{ h \left(1 + L \frac{z}{z_0} \right) - h' \frac{z}{z_0} \right\}}$$

Posons

$$A = \frac{0,622 \times 1,3 \times 27}{1,033 \times K}$$

cette formule pourra se mettre sous la forme :

$$P = \frac{Ah}{(1 + \alpha t) \left\{ h \left(1 + L \frac{z}{z_0} \right) - h' \frac{z}{z_0} \right\}}$$

En posant

$$Z = \frac{(1 + \alpha t) \left\{ h \left(1 + L \frac{z}{z_0} \right) - h' \frac{z}{z_0} \right\}}{h}$$

l'équation qui donne P pourra être ramenée à la suivante

$$P = \frac{A}{Z}$$

A est une quantité constante. Il suffira donc d'étudier les variations de Z pour en déduire celles de P.

Z variera en sens inverse de P : lorsque P ira en croissant, Z ira en diminuant et *vice-versâ*, lorsque Z atteindra une valeur maximum, P sera minimum, etc., etc.

— Dans la formule qui donne Z, entre 4 quantités h , h' , t , $\frac{z}{z_0}$.

Deux de ces quantités h et t ne sont pas indépendantes ; h peut-être regardée comme une fonction de t .

On a indiqué différentes formules empiriques, la plupart très-compliquées, pour traduire la loi qui lie les 2 quantités h et t .

Nous avons adopté la plus simple, celle de Dulong et d'Arago.

$$h = (1 + at)^5$$

dans cette relation on a :

$$t = \theta + 100 \text{ et } a = 0,007153$$

on en déduit : $\theta = t - 100$

De la formule de Dulong et d'Arago, on tire :

$$1 + at = b + ch^{\frac{1}{5}}$$

En posant :

$$b = 1,37 - \frac{a}{a} = \text{constante} = 0,85$$

et

$$c = \frac{a}{a} = \text{constante} = 0,52$$

L'équation en Z deviendra :

$$Z = \frac{(b + ch^{\frac{1}{5}}) \left\{ h \left(1 + L \frac{z}{z_0} \right) - h' \frac{z}{z_0} \right\}}{h}$$

dans cette formule, il ne reste plus que trois variables, h , h' et $\frac{z}{z_0}$.

— On peut faire varier 3 quantités, h , h' et $\frac{z}{z_0}$.

On aura donc à résoudre les 6 problèmes suivants, en laissant de côté le cas où les 3 quantités sont à déterminer.

1° h' est variable, h et $\frac{z}{z_0}$ sont données

2° $\frac{z}{z_0}$ » » h et h' » »

3° h » » h' et $\frac{z}{z_0}$ » »

4° h' et $\frac{z}{z_0}$ sont variables, h est donnée

5° h et $\frac{z}{z_0}$ » » h' »

6° h et h' » » $\frac{z}{z_0}$ »

Nous allons successivement étudier chacun de ces cas.

PREMIER PROBLÈME.

La pression et la détente sont données, la contre-pression seule varie.

— Posons $\frac{z}{z_0} = \delta$ et $h' = x$, l'équation en Z deviendra

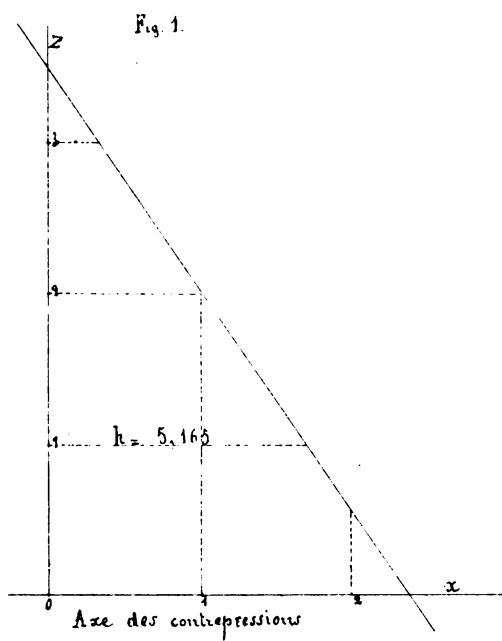
$$Z = \frac{(b + ch^{\frac{4}{5}}) \{ h(1 + L\delta) - \delta x \}}{h}$$

C'est une équation du 1^{er} degré en Z et en x , elle représente donc une ligne droite dont les ordonnées à l'origine sont positives et égales à $\frac{h(1 + L\delta)}{\delta}$ et $(b + ch^{\frac{4}{5}})(1 + L\delta)$.

Cette droite a donc la position ci-contre (fig. 1).

Elle montre que Z est d'autant plus faible que x est plus grand; par conséquent la dépense de vapeur pour produire un travail déterminé, dans le cas précédent, sera d'autant plus faible que la compression sera elle-même plus faible.

Dans le cas particulier où $\delta = 4$ et $h = 5 \text{ atm} = 5,165$ les valeurs de



Z correspondant aux différentes valeurs de h' seront données par le tableau suivant :

$\frac{z}{z_0} = \delta = 4$ et $h = 5,165$	{	pour $h' = 0$	on aura $Z = 3,75$
		» $h' = 0,2$	» 3,49
		» $h' = 1,2$	» 2,28
		» $h' = 1,5$	» 1,92
		» $h' = 2$	» 1,31
		» $h' = 2,48$	» 0

C'est le cas représenté par la figure 1. Ce tableau montre que Z décroît très-rapidement lorsque h' augmente. Il y a donc économie considérable de vapeur, à employer des contrepressions très-faibles et par conséquent à adopter des machines à condensation.

Nous verrons, en étudiant le sixième problème, que lorsque la pression h augmente, les variations de Z avec h deviennent de moins en moins sensibles.

Par conséquent, l'économie réalisée en prenant de faibles contrepressions sera d'autant moins grande que la pression adoptée sera plus forte; et vice versa, cette économie sera d'autant plus grande que la pression choisie sera plus faible.

DEUXIÈME PROBLÈME.

La pression et la contre-pression sont données, la détente seule varie.

— Posons $\frac{z}{z_0} = x$, l'équation en Z deviendra

$$Z = \frac{(b + ch^{\frac{4}{5}}) \{ h(1 + Lx) - h'x \}}{h}$$

Cette équation, si l'on regarde Z et x comme variables, représente une courbe que nous allons étudier.

Nous n'avons pas à considérer les valeurs négatives de la détente x ; d'ailleurs elles correspondent à des valeurs imaginaires pour Z.

Il faudra donc faire varier x de zéro à $+\infty$.

Pour $x=0$ ou $Z=-\infty$. Pour savoir comment Z varie lorsque x croît à partir de zéro, prenons la différentielle première de Z par rapport à x .

On aura :

$$\frac{dZ}{dx} = \frac{b + ch^{\frac{4}{5}}}{h} \left(\frac{h}{x} - h' \right)$$

pour toutes les valeurs de x inférieures à $\frac{h}{h'}$, cette différentielle première est positive, donc Z va en croissant lorsque x varie de 0 à $\frac{h}{h'}$.

A partir de cette valeur de x , $x = \frac{h}{h'}$, et pour toutes les valeurs de x supérieures à $\frac{h}{h'}$, la différentielle première est négative, par conséquent Z va continuellement en décroissant à mesure que x croît à partir de $\frac{h}{h'}$.

Pour $x = +\infty$ on a $Z = -\infty$.

La différentielle seconde de Z est :

$$\frac{d^2Z}{dx^2} = - \frac{b + ch^{\frac{4}{5}}}{x^2}$$

Elle est toujours négative ; donc la différentielle première va toujours en décroissant, et la courbe n'a pas de point d'inflexion.

Pour $x = \frac{h}{h'}$, la différentielle première de Z est nulle ; cette valeur de x correspondra donc au maximum de Z et par conséquent au minimum de P .

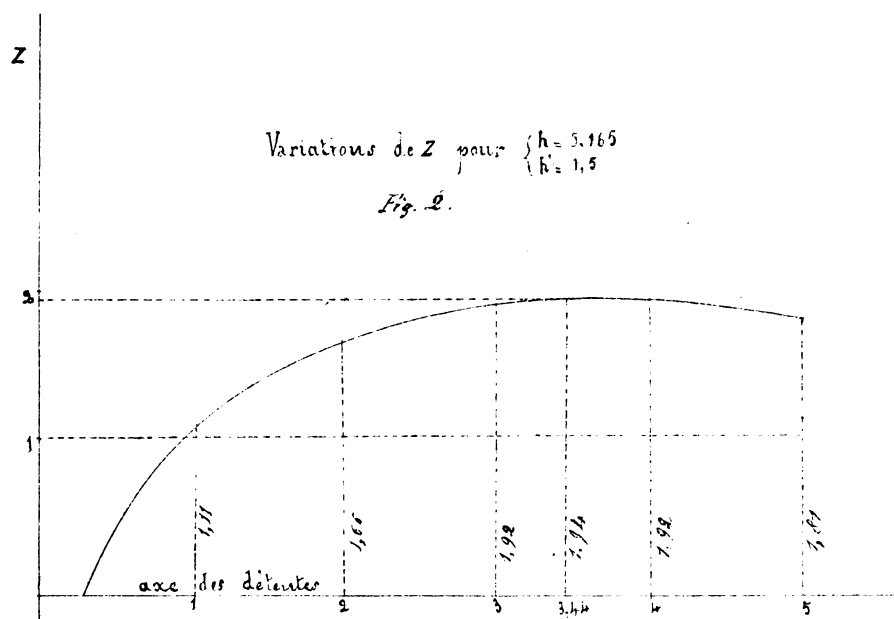
La valeur maxima de Z correspondant à la valeur $\frac{h}{h'}$ sera la suivante

$$Z = \frac{b + ch^{\frac{4}{5}}}{h} h L \frac{h}{h'}$$

ou en simplifiant

$$Z = (b + ch^{\frac{4}{5}} L) \frac{h}{h'}$$

Si nous supposons $h > h'$, ce qui a toujours lieu, cette valeur maximum de Z sera positive, et la courbe coupera l'axe des x en deux points.



Pour le cas particulier où $\alpha = 1$, on a :

$$Z = \frac{b + ch^{\frac{1}{5}}}{h} (h - h')$$

valeur positive puisqu'on a toujours $h > h'$.

Nous avons donc tous les éléments pour faire un tracé exact de la courbe.

Elle est asymptote à l'axe des Z négatifs, elle coupe l'axe des α en deux points, un situé à la gauche de l'ordonnée correspondant à l'abscisse $\alpha = 1$, et l'autre à la droite de l'ordonnée du point maximum. Puis elle s'éloigne indéfiniment au dessous de l'axe des α .

Les positions des points où la courbe coupe l'axe des α dépend des valeurs relatives de h et de h' .

La courbe aura la forme représentée par la figure 2.

Elle a été tracée dans le cas où :

$$h = 5,165 \text{ et } h' = 1,5$$

Dans ce cas particulier $\frac{h}{h'} = 3,443$.

Voici les valeurs de Z qui correspondent aux valeurs suivantes de la détente dans le cas particulier :

$$h = 5,165 \text{ et } h' = 1,5$$

détente $\alpha = 1 ; 2 ; 3 ; 3,443 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10$

$Z = 1,11 ; 1,66 ; 1,92 ; 1,93 ; 1,92 ; 1,81 ; 1,64 ; 1,43 ; 1,19 ; 0,91 ; 0,62$
maximum

La valeur de la détente correspondant au maximum de Z , dans ce cas particulier, est égale à 3,443. Pour cette valeur de α nous voyons que l'on a $Z = 1,93$.

Le tableau précédent, ainsi que la courbe, nous montre que les variations de Z dans les environs du maximum sont presque insensibles. Ainsi, dans le cas particulier dont nous nous sommes occupés, nous voyons que pour $\alpha = 3$ on a $Z = 1,92$ et pour $\alpha = 4$, $Z = 1,92$. Ces deux valeurs de Z sont fort rapprochées de la valeur maxima 1,93.

On pourra donc adopter la détente $\frac{z}{z_0} = 3$, et l'on sera dans de très-bonnes conditions d'économie.

En résumé, la pression et la contrepression étant données, lorsque la détente augmente à partir du nombre 1, qui est sa limite infé-

rieure, les valeurs de Z vont en croissant, d'abord rapidement, puis, de plus en plus lentement à mesure que la valeur de la détente se rapproche de celle qui correspond au maximum de Z ; à partir de cette valeur de la détente $\frac{h}{h'}$, Z va en décroissant, d'abord lentement, puis de plus en plus rapidement, à mesure que la détente augmente.

Nous verrons plus tard, en étudiant un problème plus général, celui où la pression seule est donnée, qu'on a généralement intérêt à regarder la valeur de la détente donnée par la formule :

$$x = \frac{h}{h'}$$

comme un maximum qu'il est bon de ne pas dépasser.

La discussion du même problème nous montrera que les valeurs de la détente donnée par cette relation si importante dans la théorie des machines à vapeur, ne sont pas toujours admissibles.

Ainsi, par exemple, dans le cas des machines à condensation, $h' = 0,2$ et $h = 5,165$, on aura pour valeur de la détente correspondante $x = \frac{h}{h'} = 25,82$, nombre qui n'est guère pratique.

Mais nous verrons que, dans ce cas, on peut adopter une valeur de la détente bien inférieure, sans grand inconvénient au point de vue de la dépense de vapeur.

TROISIÈME PROBLÈME.

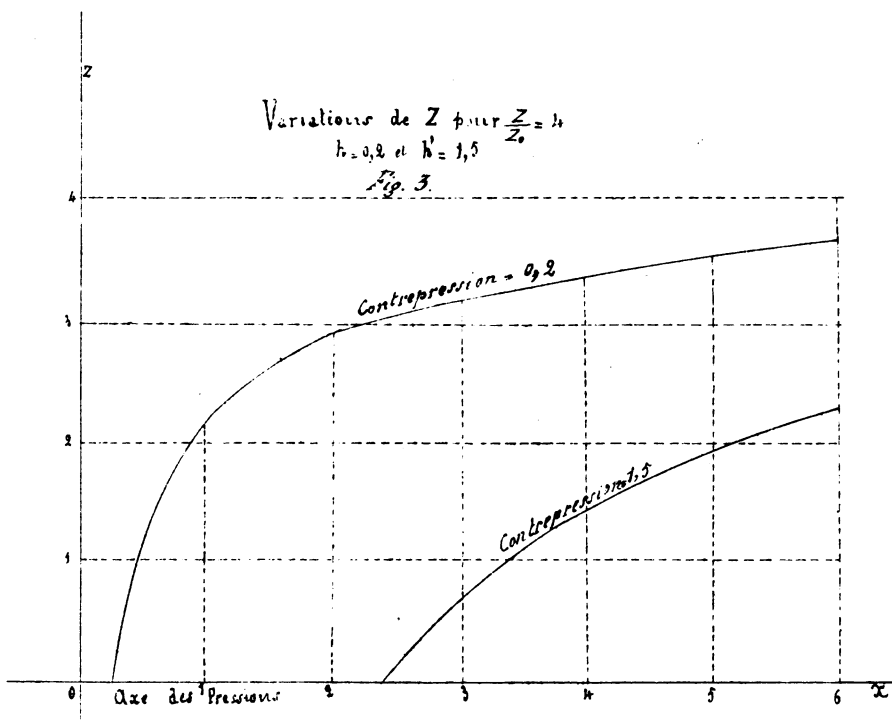
La détente et la contre-pression sont données, la pression seule varie.

Posons $\frac{z}{z_0} = \delta$ et $h = y$, l'équation qui donne Z deviendra

$$Z = \frac{(b + cy^{\frac{1}{5}}) \{ y(1 + L\delta) - \delta h' \}}{y}$$

Traçons la courbe représentée par cette équation, dans laquelle on regarde Z et y comme deux variables.

Prenons la différentielle première et la différentielle seconde de Z par rapport à y ; nous aurons :



$$\frac{dZ}{dy} = \frac{c(1 + L\delta)y^{\frac{6}{5}} + 4ch'\delta y^{\frac{4}{5}} + 5\delta bh'}{5y^3}$$

et

$$\frac{d^2Z}{dy^2} = \frac{4c(1 + L\delta)y^{\frac{6}{5}} + 36h'\delta y^{\frac{4}{5}} + 50\delta bh'}{25y^3}$$

Nous n'avons à considérer évidemment que les valeurs positives de la pression y ; d'ailleurs, pour les valeurs négatives de y , Z est imaginaire.

Or, l'inspection seule de la relation qui donne $\frac{dZ}{dy}$, montre que la différentielle première est toujours positive pour toutes les valeurs positives de y ; donc lorsqu'on fera croître y , de 0 à $+\infty$, Z ira continuellement en croissant.

La différentielle seconde est négative pour toutes les valeurs positives de y ; la courbe n'aura donc pas de point d'inflexion et de plus la différentielle première ira toujours en décroissant, lorsque y croîtra de 0 à $+\infty$; donc, l'angle que fait la tangente à la courbe ira continuellement en décroissant à mesure que y croîtra.

Pour $y = 0$ on a $Z' = -\infty$
 $y = +\infty$ on a $Z = +\infty$

La courbe sera donc asymptote à l'axe des Z , du côté des Z négatifs, puis elle s'élèvera de plus en plus, atteindra l'axe des y qu'elle coupera en un certain point et s'étendra à l'infini au dessus de cet axe, du côté des y positifs (*fig. 3*).

La valeur de y qui rend $Z = 0$ est égale à $\frac{\delta h'}{1 + L\delta}$; pour :

$$y = \frac{\delta h'}{1 + L\delta} \text{ on a } Z = 0$$

Le tracé de la courbe sera donc facile maintenant à déterminer.

Prenons deux cas particuliers :

$$1^\circ h' = 1,5 \text{ et } \delta = 4$$

et

$$2^\circ h' = 0,2 \text{ et } \delta = 4$$

Effectuons les calculs, dans ces deux cas, et mettons les résultats sous la forme d'un double tableau.

$$\delta = \frac{z}{z_0} = 4$$

pression	$h = 0,32$	$h' = 0,2$	$h' = 1,5$
		$Z = 0$	$Z \text{ négatif.}$
	$h = 1 \text{ atm.} = 1,033$	$= 2,213$	»
	$h = 2 \text{ atm.} = 2,066$	$= 2,900$	»
	$h = 2,51$		$Z = 0$
	$h = 3 \text{ atm.} = 3,099$	$= 3,208$	$Z = 0,680$
	$h = 4 \text{ atm.} = 4,132$	$= 3,381$	$= 1,440$
	$h = 5 \text{ atm.} = 5,165$	$= 3,504$	$= 1,918$
	$h = 6 \text{ atm.} = 6,198$	$= 3,610$	$= 2,264$
	$h = 7 \text{ atm.} = 7,231$	$= 3,650$	$= 2,560$
	$h = 8 \text{ atm.} = 8,264$	$= 3,762$	$= 2,721$
	$h = 9 \text{ atm.} = 9,297$	$= 3,828$	$= 2,886$
	$h = 10 \text{ atm.} = 10,330$	$= 3,886$	$= 3,046$
	$h = 20 \text{ atm.} = 20,660$	$= 4,240$	$= 3,790$

Ce tableau nous montre que dans le cas des machines à condensation $h' = 0,2$, la détente étant fixée, il n'y a pas grand intérêt au point économique à augmenter la pression au delà de 5 atmosphères.

Dans le cas des machines sans condensation, lorsque $h' = 1,5$, Z augmente plus rapidement avec la pression; on aura intérêt alors à augmenter h au delà de cinq à six atmosphères.

En discutant le 5^e et le 6^e problème, nous trouverons plusieurs conséquences importantes relatives au cas où la pression varie.

QUATRIÈME PROBLÈME.

La pression est donnée, la contre-pression et la détente sont variables.

— Posons $\frac{z}{z_0} = x$ et $h' = y$, l'équation en Z contiendra dans ce cas particulier trois variables Z , x et y ; on peut donc la regarder comme représentant une surface.

L'étude de Z , revient donc à l'étude de la surface représentée par l'équation

$$Z = \frac{(b + ch^{\frac{4}{5}}) \{ h(1 + Lx) - xy \}}{h}$$

Cette surface est entièrement située à la droite du plan Zoy , du côté des x positifs, car on ne peut donner à x que des valeurs positives, le logarithme d'un nombre négatif étant imaginaire.

— Etudions la forme de cette surface ; pour cela cherchons son intersection avec les plans de coordonnées.

Pour obtenir l'équation de la courbe d'intersection avec le plan des xoy , il faut faire $Z = 0$, dans l'équation de la surface.

pour $Z = 0$ on a $h(1 + Lx) - xy = 0$; de cette relation on tire :

$$y = \frac{h(1 + Lx)}{x}$$

C'est l'équation de la courbe d'intersection résolue par rapport à y .

Prenons la différentielle première et la différentielle seconde de y par rapport à x ; on aura :

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{hLx}{x^2}$$

et

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{h(2Lx - 1)}{x^3}$$

Faisons croître x depuis 0 à $+\infty$

Pour $x = 0$ on a $y = -\infty$; $\frac{dy}{dx} = +\infty$ et $\frac{d^2y}{dx^2} = -\infty$

Pour toutes les valeurs de x inférieures à 1, $\frac{dy}{dx}$ est toujours positive, par conséquent, lorsque x croîtra de 0 à 1, y ira toujours en croissant

Pour $x = \frac{1}{e}$ on a $y = 0$

$x = 1$ on a $y = h$

donc la courbe est asymptote à l'axe des y du côté des y négatifs ; elle se rapproche de plus en plus de l'axe des x , lorsque les valeurs de x vont en croissant ; pour $x = \frac{1}{e}$, la courbe coupe l'axe des x ; puis elle s'élève au-dessus de cet axe et son ordonnée atteint la valeur h lorsque $x = 1$.

Pour toutes les valeurs de x comprises entre 0 et 1, la différentielle seconde ne change pas de signe, elle est toujours négative, donc la courbe n'a pas de point d'inflexion dans cet intervalle.

Pour $x = 1$, on a $\frac{dy}{dx} = 0$; pour cette valeur de x , la différentielle première s'annule et change de signe, donc y est maximum pour $x = 1$.

Pour les valeurs de x supérieures à 1 la différentielle première est toujours négative, donc lorsque x variera de 1 à $+\infty$, y ira continuellement en décroissant.

Pour $x = +\infty$ on a $y = 0$; la courbe revient asymptote à l'axe des x , du côté des y positifs.

Examinons la différentielle seconde dans cet intervalle, elle s'annule pour $x = \sqrt[5]{e}$, et change de signe, de négative qu'elle était avant d'atteindre cette valeur de x , elle redevient positive.

La courbe a donc un point d'inflexion au point correspondant à l'abscisse $x = \sqrt[5]{e}$.

Elle a la forme ci-contre (fig. 4).

Nous supposons la pression $h = 5,165$.

— Cherchons l'intersection de la surface avec le plan Zox ; pour cela faisons $y = 0$ dans l'équation de la surface.

Ou aura :

$$Z = (b + ch^{\frac{1}{5}}) (1 + Lx)$$

C'est l'équation de la courbe d'intersection.

On a :

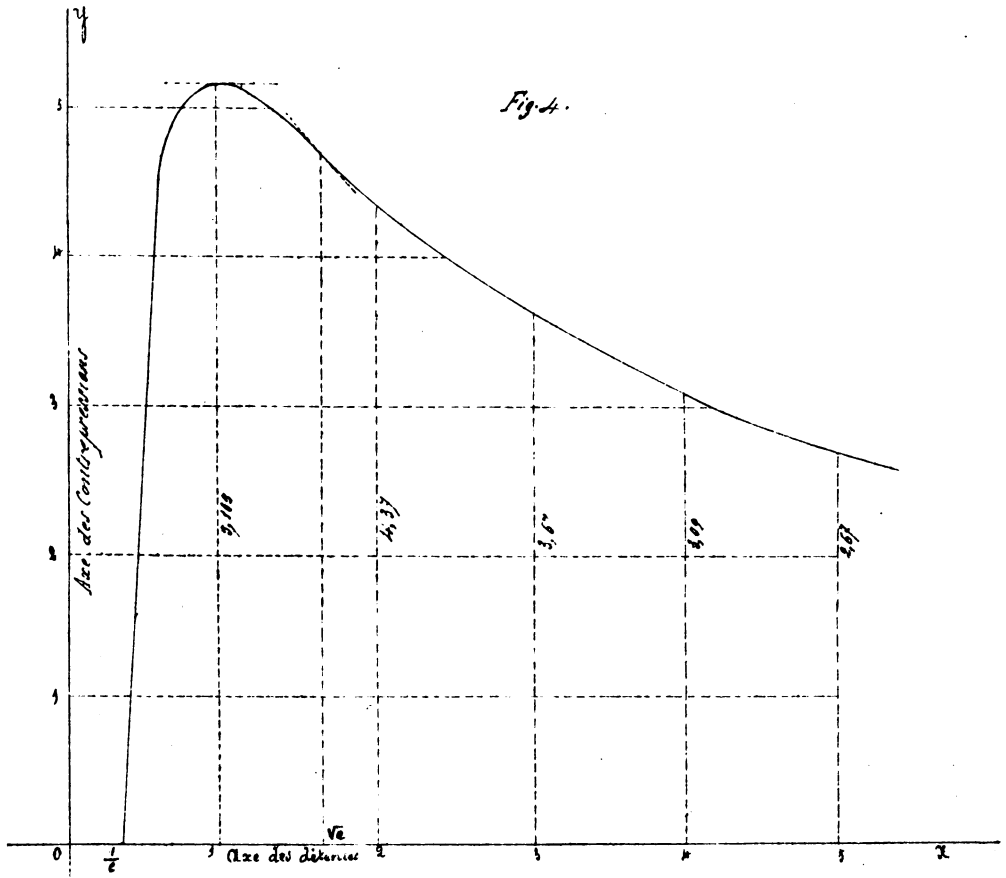
$$\frac{dZ}{dx} = \frac{b + ch^{\frac{1}{5}}}{x}$$

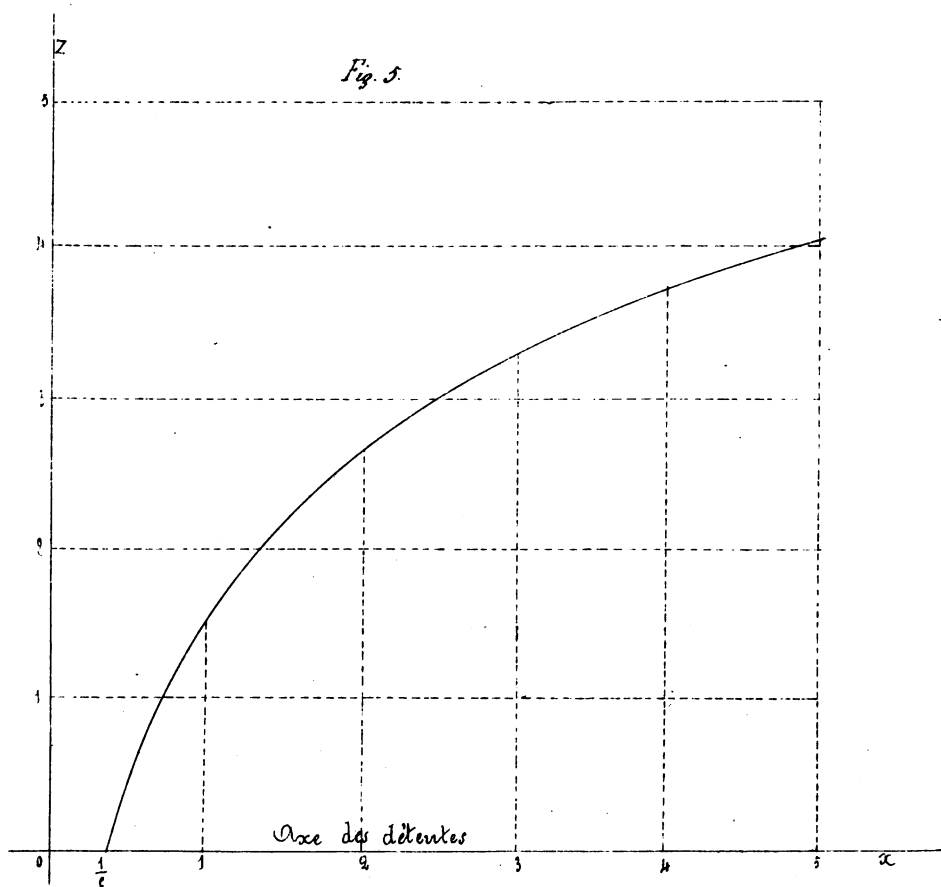
et

$$\frac{d^2Z}{dx^2} = -\frac{b + ch^{\frac{1}{5}}}{x^2}$$

Pour toutes les valeurs positives de x , $\frac{dZ}{dx}$ est positif et $\frac{d^2Z}{dx^2}$ négatif, donc lorsque x croîtra de 0 à $+\infty$, Z ira continuellement en croissant; $\frac{d^2Z}{dx^2}$ ne changeant pas de signe, la courbe n'aura pas de point d'inflexion et sa convexité sera toujours tournée dans le même sens.

Fig. 4.





$$\begin{array}{ll}
 \text{Pour } x = 0 & \text{on a } Z = -\infty \\
 x = \frac{1}{e} & \text{» } Z = 0 \\
 x = 1 & \text{» } Z = b + ch^{\frac{1}{5}} \\
 x = +\infty & \text{» } Z = +\infty
 \end{array}$$

La courbe aura donc une forme facile à tracer (*fig. 5*).

Elle est asymptote à l'axe des Z du côté des Z négatifs, puis elle s'élève de plus en plus ; elle coupe l'axe des x lorsque $x = \frac{1}{e}$, puis s'étend indéfiniment au-dessus de cet axe. Elle est de la famille des courbes dites *logarithmiques*.

— L'intersection de la surface par le plan des Zoy est à l'infini du côté des y négatifs.

— Pour achever l'étude de cette surface, nous allons étudier la nature des courbes d'intersection, déterminées par des plans parallèles aux plans de coordonnées.

Si l'on mène des plans parallèles au plan des Zox , on aura une série de courbes représentées par le système des deux équations suivantes.

$$\left\{ \begin{array}{l} y = \lambda \\ Z = \frac{(b + ch^{\frac{1}{5}}) \{ h(1 + Lx) - \lambda x \}}{h} \end{array} \right.$$

La deuxième équation représente dans le plan $y = \lambda$, la courbe d'intersection correspondante.

Dans le cas où $h > \lambda$, ce qui arrive toujours nécessairement dans la pratique, on a une courbe ayant une forme déjà étudiée (2^e problème) et représentée par la figure (2).

Cette courbe coupe l'axe des x en deux points ; la valeur de Z atteint son maximum lorsque l'on a :

$$x = \frac{h}{\lambda}$$

car pour cette valeur $\frac{dZ}{dx} = 0$ et pour les valeurs voisines cette différentielle change de signe.

La courbe est asymptote à l'axe des Z du côté des Z négatifs.

La valeur maximum de Z est donnée par la relation ;

$$Z = (b + ch^{\frac{1}{5}}) L \frac{h}{\lambda}$$

cette valeur de Z sera d'autant plus grande que λ sera plus petit.

De même, la valeur de $x = \frac{h}{\lambda}$ pour laquelle Z est maximum, sera d'autant plus grande que λ sera plus petit. La courbe s'ouvrira donc de plus en plus à mesure que λ diminuera.

Nous interpréterons plus tard ces conclusions.

La plus grande valeur que puisse avoir λ , c'est-à-dire la contre-pression, c'est évidemment la pression h .

Lorsque $\lambda = h$, les deux points d'intersection de la courbe et de l'axe des x se réduisent à un seul : la courbe est tangente à l'axe x au point $x = 1$.

Elle est entièrement située au dessous de l'axe des x .

A mesure que λ diminue à partir de h , le deuxième point d'intersection, celui de droite, s'éloigne de plus en plus du côté des x positifs ; lorsque $\lambda = 0$, ce deuxième point est transporté à l'infini.

C'est le cas de l'intersection de la surface par le plan des $Z0x$.

La valeur de $x = \frac{h}{\lambda}$ qui correspond au maximum de Z , croît aussi de plus en plus, ainsi que la valeur correspondante de Z , à mesure que λ diminue, elles deviennent infiniment grandes lorsque $\lambda = 0$.

La surface s'élève donc de plus en plus au-dessus du plan $x0y$.

— Cherchons les intersections de la surface par des plans parallèles au plans des $Z0y$; pour cela faisons dans l'équation de la surface $x = \mu$.

On aura le système des deux équations

$$\begin{aligned} x &= \mu \\ Z &= \frac{(b + ch^{\frac{1}{5}}) \{ h(1 + L\mu) - \mu y \}}{h} \end{aligned}$$

ces deux équations sont du premier degré en x , y et z ; elles représentent une ligne droite.

Cette droite est parallèle au plan $Z0y$.

Quelle que soit la valeur de μ , on a une ligne droite, car la deuxième équation est toujours du premier degré.

En faisant varier μ , on aura donc une série de droites parallèles à un même plan, le plan $Z0y$.

Chacune de ces droites coupe les plans des $Z0x$ et des $x0y$ en des points situés sur les deux courbes qui sont les traces de la surface sur ces deux plans de coordonnées.

Ces deux courbes peuvent donc être regardées comme deux courbes directrices ; nous avons de plus un plan directeur, le plan $Z0y$; nous pourrions donc regarder la surface comme engendrée par une ligne droite qui se meut parallèlement au plan $Z0y$, et qui s'appuie sur les deux courbes directrices ; c'est une surface réglée.

Le mouvement de cette droite assujettie à rester parallèle à un plan et à s'appuyer sur deux courbes données est donc parfaitement déterminé.

Il serait facile en prenant l'équation d'une droite assujettie à rester parallèle au plan $Z0y$ et à s'appuyer sur les deux courbes dont on a les équations, de démontrer qu'on engendrera précisément la surface que nous étudions.

C'est un petit exercice d'analyse très-simple, sur lequel nous n'insisterons pas.

— L'intersection de la surface par un plan parallèle au plan des xy , donne une courbe de la même forme que celle qui est située sur ce plan de coordonnées.

— Nous pouvons nous faire maintenant une idée suffisamment exacte de la partie de la surface située dans le trièdre $Z0xy$, la seule que nous ayons à examiner.

Nous voyons que Z n'a pas de maximum absolu, par conséquent, il n'existe pas de système de valeurs de la contrepression et de la détente qui donne une dépense minimum de vapeur.

— Cherchons qu'elle est la partie de la surface qui est réellement utile à étudier pour la question qui nous occupe.

La plus faible valeur de la détente est 1 ; donc la limite inférieure de x est 1 ; la limite inférieure de la contrepression, qui correspond au cas des machines à condensation, peut-être évaluée à $0K, 2$.

Par conséquent, si l'on mène les deux plans

$$x = 1 \text{ et } y = 0,2$$

ces deux plans limiteront la partie utile de la surface.

— L'étude de la surface Z permet de résoudre la plupart des questions qui peuvent se présenter dans le cas où la pression est déterminée.

Si l'on se donne un système de valeurs pour x et y , c'est-à-dire, pour la détente et la contrepression, on en déduira immédiatement la valeur de Z et par suite la dépense de vapeur correspondante.

— La pression étant donnée, nous allons supposer, dans tout ce qui va suivre, que $h = 5,165 = 5$ atmosphères.

— Considérons un plan parallèle au plan $Z0y$; nous avons vu que ce plan déterminait dans la surface une ligne droite A_1B_1 parallèle au plan $Z0y$. Tous les points de cette droite inclinée sur le plan des xy , ont même abscisse x , et l'on voit immédiatement à la seule inspection de la figure, que pour chacun de ces points, la valeur de Z sera d'autant plus considérable que l'on se rapprochera davantage du plan $Z0x$, c'est-à-dire que la valeur correspondante de l' y de ce point sera plus petite.

Couper la surface par un plan parallèle au plan $Z0y$ revient, au point de vue pratique, à se donner la détente. La pression est donnée aussi par hypothèse; dans ce cas, Z sera d'autant plus grand que la contrepression sera plus faible.

La plus grande valeur de Z correspondra à la plus petite valeur de la contrepression $y = 0,2$.

C'est un résultat déjà trouvé; nous retombons dans le cas où la détente et la pression sont données, la contrepression seule est variable. C'est l'énoncé du premier problème.

Si nous nous arrêtons au plan limité $A'DGH...F$ correspondant à $y = 0,2$, on remarque que ce plan contiendra ainsi toutes les valeurs maximums de Z correspondant aux valeurs successives que peut prendre la détente. Ces points seront situés sur la courbe d'intersection $A'DGH...F$ du plan $y = 0,2$ avec la surface.

— Coupons la surface par des plans parallèles au plan $Z0x$; nous obtiendrons, en faisant varier y depuis $0,2$ à h limite supérieure, une série de courbes que nous connaissons.

Pour chacune de ces courbes, la contrepression est constante.

Nous retombons dans le cas étudié au deuxième problème, la pression et la contrepression sont données, la détente seule varie.

Nous voyons que Z va d'abord en croissant lorsque la détente croît; il atteint son maximum lorsqu'on a $x = \frac{h}{y}$, y étant la valeur de la contrepression donnée; pour les valeurs de x supérieures à $\frac{h}{y}$, Z va continuellement en décroissant.

Lorsque $y = h$, la courbe d'intersection est entièrement située au-dessous du plan des $x0y$; le maximum de Z est nul.



Lorsque y diminue à partir de h , c'est-à-dire lorsque la contrepression devient de plus en plus faible, la valeur de la détente $x = \frac{h}{y}$ qui correspond au maximum relatif de Z et ce maximum relatif lui-même augmenteront de plus en plus.

Par conséquent, la détente que l'on devra adopter sera d'autant plus grande, que la contrepression choisie sera elle-même plus faible.

— Nous trouverons à la page 216 un tableau qui donne les valeurs de Z correspondant aux différentes courbes déterminées dans la surface par des plans parallèles au plan $Z0x$. Ce qui revient à dire que ce tableau donne les valeurs de Z , qui correspondent à différentes hypothèses faites sur la contrepression, lorsqu'on fait varier la détente.

On voit par les nombres inscrits dans ce tableau, que les valeurs de Z varient très peu dans le voisinage du maximum.

On pourra adopter pour la détente des nombres, qui diffèrent sensiblement de la valeur donnée par la formule $x = \frac{h}{y}$, sans grand inconvénient pour la dépense de la vapeur.

Or, on a un intérêt réel à ne pas adopter pour la détente un nombre trop considérable, si l'on ne veut pas que la machine ait une trop grande vitesse, ou si c'est une machine à construire que le piston ait un diamètre exagéré.

La valeur de x donnée par la formule

$$\frac{z}{z_0} = x = \frac{h}{h'}$$

devra donc être considérée comme un maximum qu'il ne faudra pas dépasser.

— Dans le cas où $h' = 0,2$ et $h = 5,165$, la valeur $\delta = x = \frac{h}{h'}$ sera égale à 25,8 ; c'est un nombre inadmissible. Mais on peut prendre un nombre bien inférieur sans augmenter sensiblement Z .

En effet, si l'on se rapporte au tableau suivant, on trouve que la valeur maximum de Z dans le cas où $h' = 0,2$ est égale à 5,08.

Si l'on se borne à prendre $\delta = 8$, on aura $Z = 4,34$ nombre ne différant pas beaucoup de 5,08. On pourra donc, sans une grande augmentation de dépense de vapeur, adopter une détente $\frac{z}{z_0} = 8$ dans ce cas particulier.

— Si nous continuons l'examen de ce tableau, nous verrons que dans le cas où $h' = 1,2$, pour $\delta = 4$, on a $Z = 2,28$ et pour $\delta = 3$ $Z = 2,19$, tandis que la valeur maximum de Z correspondant à $\delta = 4,332$ serait égale à 2,29.

Dans le cas où $h' = 1,2$ on pourra donc prendre $\frac{z}{z_0} = 3$ ou 4 au plus.

— Si l'on suppose $h' = 1,5$, on verrait en raisonnant de la même façon que l'on doit adopter une détente égale à 3.

Dans le cas où $h' = 2$, en prenant $\frac{z}{z_0} = 2$, on restera dans de bonnes conditions économiques.

$h = 5,165$				
	$h' = 0,2$	$h' = 1,2$	$h' = 1,5$	$h' = 2,0$
détente $\delta = 4$	$Z = 4,51$	$Z = 4,20$	$Z = 4,41$	$Z = 0,96$
$= 2$	$= 2,53$	$= 4,92$	$= 4,66$	$= 4,43$
$= 2,582$				$= 4,51 \text{ max.}$
$= 3$	$= 3,40$	$= 2,49$	$= 4,92$	$= 4,47$
$= 3,443$			$= 4,93 \text{ max.}$	
$= 4$	$= 3,49$	$= 2,28$	$= 4,91$	$= 4,31$
$= 4,304$		$= 2,29 \text{ max.}$		
$= 5$	$= 3,78$	$= 2,27$	$= 4,84$	$= 4,05$
$= 6$	$= 4,01$	$= 2,10$	$= 4,64$	$= 0,73$
$= 7$	$= 4,49$	$= 2,07$	$= 4,43$	$= 0,37$
$= 8$	$= 4,34$	$= 4,94$	$= 4,49$	$Z \text{ négatif}$
$= 9$	$= 4,46$	$= 4,73$	$= 0,94$	id.
$= 10$	$= 4,56$	$= 4,23$	$= 0,62$	id.
$= 25,82$	$= 5,08 \text{ max.}$			

— En résumé, dans le cas où $h = 5,165$, voici les détentes à adopter suivant les cas :

$h' = 0,2$	on devra prendre alors	$\frac{z}{z_0} = 8$	au plus, alors	$Z = 4,20$
$h' = 1,2$	»	»	$= 4$	» $Z = 2,28$
$h' = 1,3$	»	»	$= 4$	»
$h' = 1,4$	»	»	$= 3$	»
$h' = 1,5$	»	»	$= 3$	» $Z = 1,92$
$h' = 1,6$	»	»	$= 3$	»
$h' = 2,0$	»	»	$= 2$	» $Z = 1,43$

Ce tableau montre qu'en adoptant même la détente la plus favo-

nable, on a des dépenses de vapeur qui varient avec la contrepression dans des proportions très-notables.

Toutes les fois qu'on n'aura pas de raison sérieuse d'augmenter la contrepression, il faudra donc adopter une contrepression aussi faible que possible.

— Si l'on examine les colonnes verticales du tableau situé à la page précédente, on trouve les variations de Z qui correspondent aux variations de la détente, dans le cas la contrepression est donnée.

Si l'on examine les lignes horizontales, on a les variations de Z dans le cas où la contrepression varie, la détente étant donnée.

— L'équation

$$xy = h$$

rapportée aux trois axes de coordonnées représente un cylindre droit hyperbolique dont les génératrices sont parallèles à l'axe des Z et dont la trace sur le plan des xy est l'hyperbole équilatère $xy = h$. Cette hyperbole a pour asymptotes les deux axes de coordonnées Ox et Oy ; elle passe au point B , car les coordonnées de B , $x = 1$ et $y = h$ satisfont à l'équation $xy = h$.

On connaît un point $B \left\{ \begin{array}{l} x = 1 \\ y = h \end{array} \right.$ de cette hyperbole, ses deux asymptotes, on pourra donc la tracer facilement par points.

Ce cylindre hyperbolique coupera la surface suivant une courbe qui représente le lieu des maximums relatifs de Z lorsque la contrepression y varie. En effet, tous les points de cette courbe se projetant sur la trace du cylindre, satisfont à l'équation prescrite $xy = h$.

L'hyperbole bBc étant tracée, on en déduira un moyen graphique simple de trouver pour chaque contrepression donnée, la valeur de la détente correspondante au maximum de Z . Il suffira de porter sur l'axe Oy , une longueur Ob proportionnelle à la contrepression donnée, et de mener par ce point une parallèle à Ox ; cette droite coupera l'hyperbole en un point M' ; la longueur aM' sera la valeur de la détente x cherchée.

— Il est bon de remarquer que dans les usines marchant d'une façon convenable, la pression ne varie pas généralement si l'on a le soin de prendre une moyenne à peu près constante de charbon. De sorte que l'on pourra faire le tracé de cette hyperbole une fois pour toutes.

— Le cas que nous venons d'étudier est surtout intéressant pour les industries ayant des générateurs que l'on ne veut pas où que l'on ne peut pas modifier.

La surface Z permettra de se rendre compte des variations de Z et par suite des dépenses de vapeur, avec la détente et la contrepression. Si la détente est donnée, elle permet d'en déduire la contrepression la plus économique et *vice-versa*, la contrepression étant donnée, elle donne la détente à adopter.

— Il m'a paru utile de chercher quelles seraient les valeurs successives qu'il faudrait donner à la pression h pour obtenir un travail déterminé avec la même dépense minimum de vapeur, lorsqu'on donne à la contrepression h' les valeurs successives.

$$h' = 0,2 ; h' = 1,2 ; h' = 1,5 ; h' = 2$$

On trouve les résultats suivants :

pour $h' = 0,2$	et $h = 5$ atm.	on a $Z = 1,93$
pour $h' = 1,2$	il faut $h = 20$ atm.	pour avoir $Z = 1,93$
» $h' = 1,5$	» $h = 24$ atm.	» $Z = 1,93$
» $h' = 2,0$	» $h = 30$ atm.	» $Z = 1,93$

CINQUIÈME PROBLÈME.

La contre-pression est donnée, la pression et la détente sont variables.

— Posons $\frac{z}{z_0} = x$ et $h = y$.

L'équation en Z deviendra :

$$Z = \frac{(b + cy^{\frac{1}{5}}) \{ y (1 + Lx) - h'x \}}{y}$$

Cette équation représente une surface que nous allons discuter.

La contrepression étant donnée, nous prendrons $h' = 1,5$; c'est la valeur de la contrepression adoptée généralement dans les raffineries, comme nous le verrons un peu plus loin.

— Cherchons l'intersection de cette surface avec le plan des xy .

Pour cela faisons $Z = 0$, on aura l'équation de la courbe d'intersection.

$$(b + cy^{\frac{1}{5}}) \{ y (1 + Lx) - h'x \} = 0$$

Cette équation peut se décomposer en deux autres.

$$b + cy^{\frac{4}{5}} = 0$$

$$y(1 + Lx) - h'x = 0$$

La première n'offre aucun intérêt pour nous, car elle n'est satisfaite que par des valeurs inadmissibles de y , des valeurs négatives.

La deuxième équation, que l'on peut mettre sous la forme

$$y = \frac{h'x}{1 + Lx}$$

représente une courbe, qui sera la trace de la partie utile de la surface.

Nous avons :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{h'Lx}{(1 + Lx)^2}$$

et

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{h'(1 - Lx)}{(1 + Lx)^3}$$

La différentielle première $\frac{dy}{dx}$ est négative lorsque x varie de 0 à 1, et positive pour les valeurs de x supérieures à 1 ; elle est nulle pour $x = 1$: y ira donc en décroissant lorsque x variera de 0 à 1, en croissant pour les valeurs de x supérieures à 1 et sera minimum pour $x = 1$.

Pour $x = 0$ on a $y = 0$.

Lorsqu'on prend $x = \frac{1}{e}$, y est infiniment grand négatif ; donc, la courbe partira de l'origine des coordonnées, descendra d'une façon continue au-dessous de l'axe des x et deviendra asymptote à la droite $x = \frac{1}{e}$. Le nombre e représente la base du système des logarithmes népériens.

Pour les valeurs de x comprises entre 0 et $\frac{1}{e}$, la différentielle seconde ne change pas de signe, elle est toujours négative ; donc la branche de courbe correspondant à cet intervalle de x , n'aura aucun point singulier.

Pour les valeurs de x légèrement supérieures à $\frac{1}{e}$, y change subitement de signe, il devient infiniment grand positif; $\frac{dy}{dx}$ étant toujours négatif, y ira continuellement en décroissant; pour $x=1$, y sera minimum, et comme pour les valeurs de x supérieures à 1, $\frac{dy}{dx}$ devient positif et reste toujours positif, y ira constamment en croissant lorsque x croîtra à partir de 1.

Pour $x=+\infty$, on a $y=+\infty$; donc la courbe s'élèvera de plus en plus à l'infini au-dessus de l'axe des x .

Lorsque x croîtra de $\frac{1}{e}$ à e , $\frac{d^2y}{dx^2}$ reste constamment positif; pour $x=\frac{1}{e}$ on a $\frac{d^2y}{dx^2}=0$, et pour les valeurs de x supérieures à 1, $\frac{d^2y}{dx^2}$ devient négatif et conserve constamment ce signe.

Donc pour la valeur de x , $x=e$ qui annule $\frac{d^2y}{dx^2}$ et qui correspond à un changement de signe de $\frac{d^2y}{dx^2}$, la courbe présente un point d'inflexion.

Il nous sera facile de construire la courbe (fig. 7).

La contrepression étant donnée nous supposons que l'on prend $h'=1,5$.

Voici quelques valeurs intéressantes de y :

$$x = 0 \qquad \frac{1}{e} \pm \epsilon \qquad 1 \qquad e \qquad +\infty$$

$$y = 0 \text{ décroît } \pm \infty \text{ décroît } h' \text{ croît } \frac{eh'}{2} \text{ croît } +\infty$$

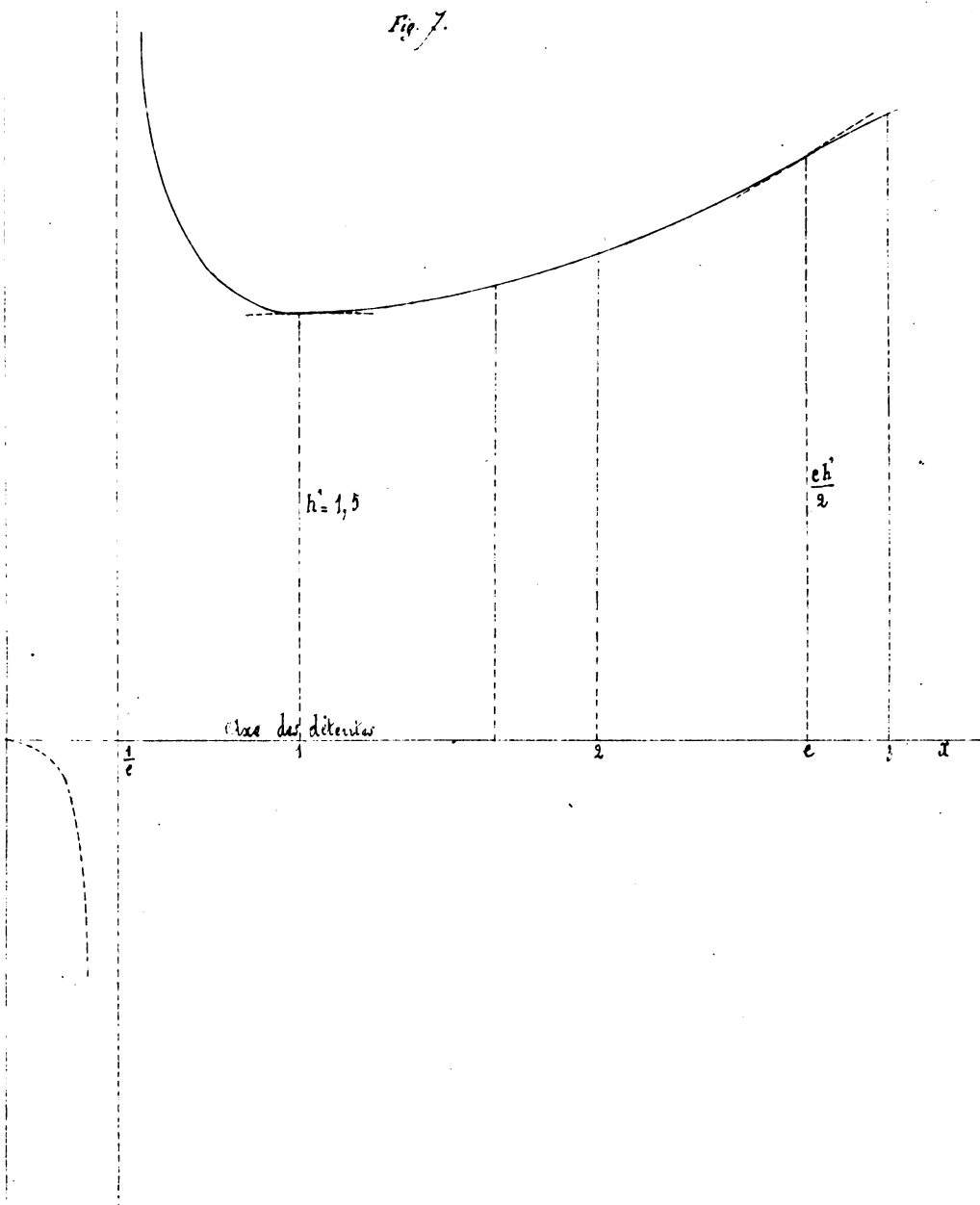
ϵ est une quantité infiniment petite.

Nous avons marqué en pointillé l'arc de courbe correspondant aux variations de x comprises entre 0 et $\frac{1}{e}$; en effet, nous n'avons pas à considérer la partie de la surface qui correspond à cet intervalle, la limite inférieure de x étant 1. La seule partie de la surface qui puisse nous intéresser, est celle qui correspond à la portion de la courbe située à la droite de l'ordonnée $x=1$.

— Intersection de la surface par le plan des ZOx .

y

Fig. 7.



Faisons $y = 0$ dans l'équation de la surface mise sous la forme ci-dessous :

$$Zy - (b + cy^{\frac{4}{5}}) \{ y(1 + Lx) - h'x \} = 0$$

Cette équation se réduira à la suivante :

$$-bh'x = 0 \text{ où } x = 0$$

L'intersection de la surface par le plan ZOx , se réduit donc à l'axe des Z .

— Si l'on fait $x = 0$, on trouve une courbe à l'infini ; la courbe d'intersection par le plan des ZOy est donc transportée à l'infini.

— Coupons la surface par une série de plans parallèles au plan ZOx .

Pour cela faisons dans l'équation :

$$y = \lambda$$

la courbe d'intersection sera représentée par l'équation.

$$Z = \frac{(b + c\lambda^{\frac{4}{5}}) \{ \lambda(1 + Lx) - h'x \}}{\lambda}$$

Cette équation est de la même forme que celle qui nous a servi à discuter le deuxième problème ; λ est substitué à h . Cela se comprend, car faire $y = \lambda$ c'est se donner la pression, la contrepression étant aussi donnée, la détente seule est variable.

La courbe représentée par cette équation sera donc de la même forme que celle que nous avons obtenu en résolvant le 2^{me} problème. Elle coupe l'axe de la détente c'est-à-dire l'axe des x en deux points ;

Z est maximum lorsque l'on fait $x = \frac{\lambda}{h'}$.

La valeur correspondante du maximum de Z , est donnée par la relation.

$$Z = (b + c\lambda^{\frac{4}{5}}) L \frac{\lambda}{h'}$$

Dans le cas où $\lambda = h'$, on a $Z = 0$; la courbe est tangente à l'axe des x au point $x = 1$, elle est entièrement située au-dessous de cet axe.

La valeur de x qui correspond au maximum de Z , $x = \frac{\lambda}{h'}$ sera d'autant

plus grande que λ sera plus grand. Il en sera de même du maximum relatif.

Par conséquent, lorsque y ira en croissant à partir de sa limite intérieure 1,5, Z d'abord nul ira en croissant; les courbes d'intersection déterminées par des plans parallèles au plan $Z0x$, s'ouvriront et s'élèveront de plus en plus au-dessus du plan $x0y$. La surface s'étendra donc à l'infini du côté des x positifs.

— Cherchons l'intersection de la surface par des plans parallèles au plan $Z0y$.

Faisons : $x = \mu$ dans l'équation de la surface, on obtiendra l'équation :

$$Z = \frac{(b + cy^{\frac{1}{5}}) \{ y(1 + L\mu) - h'\mu \}}{y}$$

Cette équation est de la même forme que celle que nous avons étudiée au troisième problème; on le comprend aisément si l'on remarque, que faire $x = \mu$ dans l'équateur en Z , revient à se donner la détente; la contrepression h' est aussi donnée, la détente seule varie.

On aura une série de courbes asymptotes à l'axe des y du côté des y négatifs, qui couperont l'axe des pressions aux points correspondants à $y = \frac{\mu h'}{1 + L\mu}$ et s'étendront ensuite à l'infini au-dessus de l'axe des y .

La valeur de y , qui annule Z , $y = \frac{\mu h'}{1 + L\mu}$ croît de plus en plus avec μ , c'est-à-dire, avec la détente; cela se comprend aisément, si l'on se rapporte à la courbe d'intersection de la surface par le plan $x0y$, et si l'on remarque que les points correspondant aux valeurs nulles de Z doivent se trouver sur cette courbe.

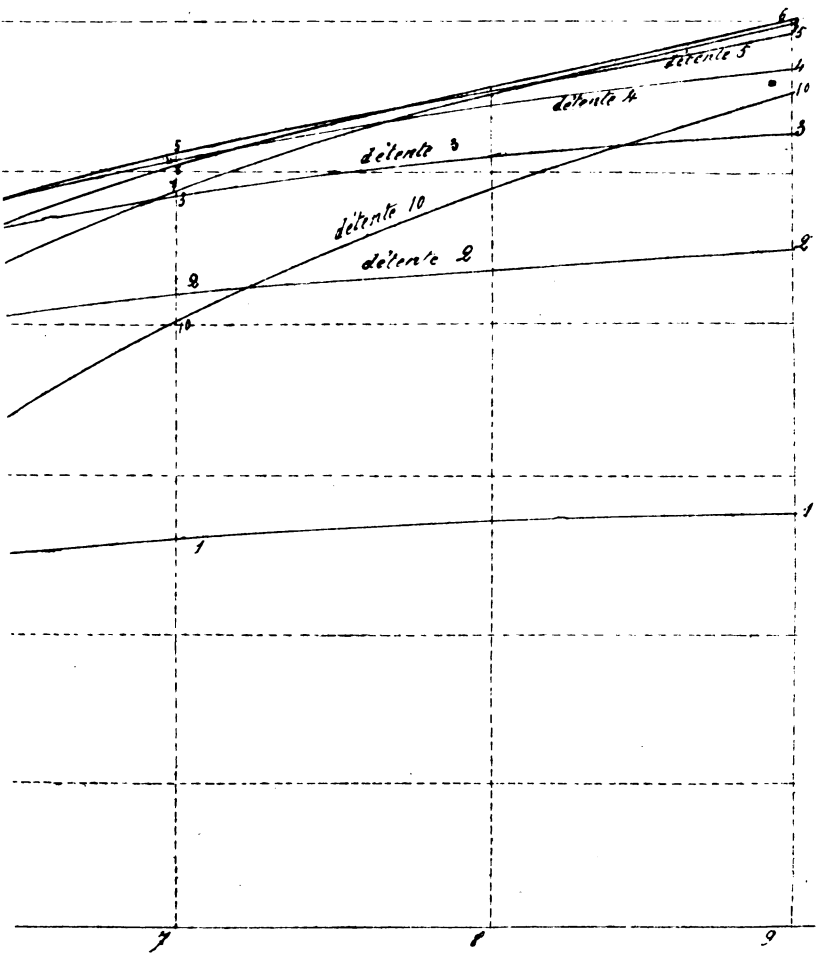
La figure (8) donne le tracé de huit courbes d'intersection déterminées dans la surface par des plans parallèles au plan $Z0y$. J'ai calculé un tableau donnant un certain nombre de valeurs de Z lorsqu'on adopte pour la détente x les valeurs successives, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 10. (*Voir page 225*).

Nous reviendrons un peu plus loin, sur ce tableau et sur ce tracé des courbes (*fig. 8*).

— Nous pouvons nous faire actuellement une idée assez exacte de la surface.

Lorsque y part de 1,5 valeur de la contrepression, la surface s'élève de plus en plus au-dessus du plan des $x0y$; elle s'étend ensuite indéfi-

zles 1,2,3,4,5,6,7 & 10



niment du côté des x positifs, tout en se rapprochant de plus en plus du plan des yOZ .

La surface n'a pas de point maximum pour des valeurs finies de la détente x et de la pression y ; il n'existe donc pas de système de valeurs de la détente et de la pression qui donne une dépense minimum absolue de vapeur.

— L'étude de cette surface permettra de résoudre la plupart des questions qui peuvent se présenter dans le cas que nous venons d'étudier, celui où la pression et la détente varient la contrepression restant constante,

— Nous avons vu que si l'on coupait la surface par une série de plans parallèles au plan des ZOy , on obtenait une série de courbes de la forme indiquée par la figure (8).

Les points de chacune de ces courbes ont même x , on voit immédiatement à la seule inspection de la figure, que les valeurs de Z sont d'autant plus grandes que les valeurs correspondantes de h sont plus grandes.

Ce cas revient à supposer, au point de vue pratique, que l'on se donne la détente, la pression seule varie, la contrepression étant déjà donnée. Dans ce cas, la valeur de Z sera d'autant plus grande, et par suite la dépense de la valeur sera d'autant plus faible que la pression augmentera davantage. Nous retombons sur un cas déjà étudié.

— Examinons ces courbes et le tableau correspondant. Considérons par exemple, le cas où la détente est égale à 1, c'est-à-dire le cas où la vapeur arrive à pleine introduction pendant toute la durée de la course.

Nous remarquons qu'à partir de la pression $h = 5$ atmosphères = 5,165, les valeurs de Z croissent très-lentement.

Par conséquent, dans le cas où $\frac{z}{z_0} = 1$, il n'y a pas grand intérêt à augmenter la pression au delà de 5 atmosphères; on pourra même se borner à cette pression.

Lorsque la détente $\frac{z}{z_0} = 2$, Z croît un peu plus rapidement pour les pressions inférieures et ses accroissements ne deviennent très-lents, qu'à partir des pressions supérieures à 7 atmosphères.

L'examen des courbes correspondant aux deux cas précédents, montrent que pour les pressions supérieures à 2 atmosphères les

valeurs de Z dans le cas où $\frac{z}{z_0} = 2$ sont toujours supérieures à celles qui correspondent au cas où $\frac{z}{z_0} = 1$.

En outre, on peut remarquer, que lorsque $\frac{z}{z_0} = 2$ et $h = 4,132 = 4$ atmosphères, on trouve que $Z = 1,487$; le tableau montre que pour avoir la même valeur pour Z , dans le cas où $\frac{z}{z_0} = 1$, il faudrait adopter une pression supérieure à 10 atmosphères.

Cette remarque montre le grand intérêt que l'on a à adopter la valeur $\frac{z_0}{z} = 2$ au lieu de $\frac{z}{z_0} = 1$.

Si nous examinons les autres courbes qui correspondent aux valeurs successives 3, 4, 5, 6, 7 et 10 de la détente $\frac{z}{z_0}$, nous verrons que les valeurs de Z croîtront d'autant plus rapidement avec la pression que la valeur adoptée pour $\frac{z}{z_0}$ sera plus considérable.

Par conséquent, plus la valeur de la détente sera élevée, plus on aura intérêt à adopter une forte pression.

On pourrait encore déduire de l'examen de ces courbes et du tableau correspondant de nombreuses remarques; mais pour ne pas allonger inutilement cette étude, je n'en ajouterai plus qu'une seule.

Si l'on examine les colonnes horizontales du tableau, on aura les variations de Z qui correspondent aux variations de la détente, la pression étant donnée.

L'examen de la figure 8, où sont tracées les courbes, donnera la solution des mêmes questions; il suffira de porter sur l'axe des pressions une longueur égale à la pression adoptée, et par le point obtenu, de mener une parallèle à l'axe des Z ; cette parallèle coupera les huit courbes en huit points qui donneront les valeurs des Z correspondant aux différentes détentes 1, 2, 3, ...; l'ordre d'après lequel seront disposés ces points sur cette parallèle, indiquera la détente que l'on devra choisir.

Contre-pression donnée $h' = 1,5$

Tableau donnant les valeurs successives de Z lorsque la pression ou la détente varient.

PRESSIONS.	DÉTENTE 1.	DÉTENTE 2.	DÉTENTE 3.	DÉTENTE 4.	DÉTENTE 5.	DÉTENTE 6.	DÉTENTE 7.	DÉTENTE 10.
$h = 1 \text{ atm.} = 1,033$	Z négatif	Z négatif	Z négatif	Z négatif	Z négatif	Z négatif	Z négatif	Z négatif
$h = 1,50$	Z = 0	Z négatif	id.	id.	id.	id.	id.	id.
$h = 1,77$		Z = 0	id.	id.	id.	id.	id.	id.
$h = 2 \text{ atm.} = 2,066$	Z = 0,397	Z = 0,349	id.	id.	id.	id.	id.	id.
$h = 2,14$			Z = 0	Z = 0	id.	id.	id.	id.
$h = 2,51$					id.	id.	id.	id.
$h = 2,88$					Z = 0	id.	id.	id.
$h = 3 \text{ atm.} = 3,099$	Z = 0,774	Z = 1,087	Z = 0,969	Z = 0,680	Z = 0,285	id.	id.	id.
$h = 3,22$						Z = 0	id.	id.
$h = 3,56$							Z = 0	id.
$h = 4 \text{ atm.} = 4,432$	Z = 0,979	Z = 1,487	Z = 1,551	Z = 1,440	Z = 1,222	Z = 0,943	Z = 0,622	id.
$h = 4,53$								Z = 0
$h = 5 \text{ atm.} = 5,165$	Z = 1,110	Z = 1,741	Z = 1,921	Z = 1,918	Z = 1,812	Z = 1,642	Z = 1,431	Z = 0,624
$h = 6 \text{ atm.} = 6,198$	Z = 1,207	Z = 1,926	Z = 2,185	Z = 2,264	Z = 2,230	Z = 2,134	Z = 1,942	Z = 1,406
$h = 7 \text{ atm.} = 7,231$	Z = 1,301	Z = 2,098	Z = 2,422	Z = 2,560	Z = 2,581	Z = 2,540	Z = 2,452	Z = 2,016
$h = 8 \text{ atm.} = 8,264$	Z = 1,339	Z = 2,176	Z = 2,542	Z = 2,721	Z = 2,785	Z = 2,786	Z = 2,741	Z = 2,434
$h = 9 \text{ atm.} = 9,297$	Z = 1,375	Z = 2,268	Z = 2,671	Z = 2,886	Z = 2,984	Z = 3,018	Z = 3,006	Z = 2,795
$h = 10 \text{ atm.} = 10,330$	Z = 1,438	Z = 2,347	Z = 2,782	Z = 3,046	Z = 3,152	Z = 3,214	Z = 3,219	Z = 3,097

Les nombres donnés pour Z , lorsqu'on examine les colonnes horizontales du tableau précédent, sont ceux qui correspondent aux différentes courbes obtenues en menant dans la surface une série de plans parallèles au plan ZOx ; pour chacune de ces courbes, la pression y est la même, la détente x seule varie.

Nous connaissons la nature de ces courbes et nous avons vu que dans chacun de ces cas particuliers la détente à adopter devra être égale au quotient de la pression par la contrepression.

C'est un résultat déjà trouvé, sur lequel nous nous sommes suffisamment étendus pour n'avoir pas à insister davantage.

— Le cas que nous venons de développer, celui où la contrepression est donnée, est intéressant pour un grand nombre d'industries telles que les raffineries, sucreries, distilleries, etc.

Ces industries ont en effet un grand bénéfice à ne pas laisser perdre sans profit leurs vapeurs d'échappement.

Les raffineries les utilisent pour clarifier, pour cuire leurs sirops, pour chauffer leurs étuves, leurs greniers, etc.

La grande longueur des conduites de vapeur, leurs retrécissements, leurs nombreux coudes, exigent que les vapeurs d'échappement aient une pression supérieure à une atmosphère; il faut donc que la contrepression h' soit supérieure à 1,033; on ne pourra donc songer à employer des machines à condensation, si l'on veut utiliser ces vapeurs.

Y a-t-il intérêt pour ces industries, à employer des machines à condensation, ou des machines sans condensation?

C'est un problème très-difficile à résoudre théoriquement d'une façon générale.

Toutefois, si la question est très délicate au point de vue théorique. pratiquement, la solution n'est cependant pas douteuse.

En effet, si d'un côté, en employant des machines à condensation, on fait une économie considérable de vapeur, d'un autre côté, cette vapeur employée est totalement perdue, et l'on est obligé d'employer de la vapeur nouvelle non seulement pour le chauffage des liquides et des salles de l'usine, mais pour le fonctionnement de la pompe à condensation.

Avec les machines sans condensation, au contraire, il n'y a pas de pompe à faire fonctionner, et si l'on emploie un excès de vapeur, toute cette vapeur trouve un emploi utile.

On est donc en droit de conclure qu'il y a intérêt à employer des machines sans condensation.

Quant à la contrepression à adopter, il est difficile de répondre encore d'une façon générale. C'est une question pratique qui dépend du genre d'usine, de son agencement, du bon état des conduites, etc.

On adopte généralement la contrepression $h' = 1,5$. C'est pour cela que dans la discussion du cinquième problème, j'ai fait l'hypothèse $h' = 1,5$.

— La contrepression étant fixée, il restera à fixer la détente et la pression.

Généralement, la pression aussi est constante ; dans ce cas, il n'y aura plus que la détente à déterminer. Elle sera donnée par la formule :

$$\frac{z}{z_0} = \frac{h}{h'} \quad (a)$$

On modifiera cette valeur théorique, en tenant compte des observations faites à ce sujet.

Dans le cas où l'on fera varier la pression, le problème sera indéterminé ; en effet la théorie ne donne qu'une relation (a) entre la détente $\frac{z}{z_0}$ et la pression h .

Considérons cependant la valeur de Z correspondant à cette valeur de la détente $\frac{h}{h'}$; nous avons vu que l'on avait :

$$Z = (b + ch^{\frac{1}{5}}) L \frac{h}{h'}$$

Cette valeur de Z sera d'autant plus forte que la valeur de h sera elle-même plus forte. On aura donc intérêt, au point de vue économique, à adopter la pression la plus élevée.

La détente $\frac{z}{z_0}$ donnée par la relation (a) varie proportionnellement à la pression h , elle sera d'autant plus grande que h aura une valeur plus considérable.

Par conséquent, si l'on peut faire varier la pression, il faudra adopter la pression la plus élevée et choisir pour détente la valeur $\frac{h}{h'}$.

Ces résultats théoriques, il faut s'empresse de le dire, doivent être souvent modifiés dans la pratique. Il est évident que si l'on obtient une économie réelle de combustible en augmentant la pression h , d'un autre côté, les fuites de vapeur augmentent dans une proportion

très sensible avec la pression. Dans les raffineries, par exemple, où la canalisation atteint plusieurs kilomètres de longueur, cette dernière remarque doit être prise en sérieuse considération.

Nous aurions, maintenant, à examiner le cas où la contre-pression et la détente étant données, on a à choisir la pression. Ce cas est précisément celui que nous développons un peu plus loin.

— Enfin dernière remarque, la machine est faible et ne peut fournir le travail qu'avec une introduction exagérée; dans ce cas, quelle pression choisir? Il résulte de tout ce que nous avons dit, qu'il faudra adopter une pression élevée.

Mais cela n'est pas toujours possible. En effet, à mesure que le degré d'introduction de la vapeur augmente, c'est-à-dire à mesure que la détente diminue, on est obligé de diminuer la pression, si l'on ne veut pas que la machine ait une trop grande vitesse, le travail devant toujours rester le même. Il faudra donc, dans ce cas, diminuer la pression au lieu de l'augmenter.

Y aura-t-il grand inconvénient au point de vue de la dépense de vapeur à diminuer la pression? Non, nous avons vu, en effet, que dans le cas où $\frac{z}{z_0}$ avait une faible valeur, les variations de Z avec la pression étaient peu sensibles.

On pourra donc, dans le cas où l'on sera obligé d'adopter de faibles détentes, choisir une pression assez faible sans augmenter beaucoup la dépense de vapeur.

SIXIÈME PROBLÈME.

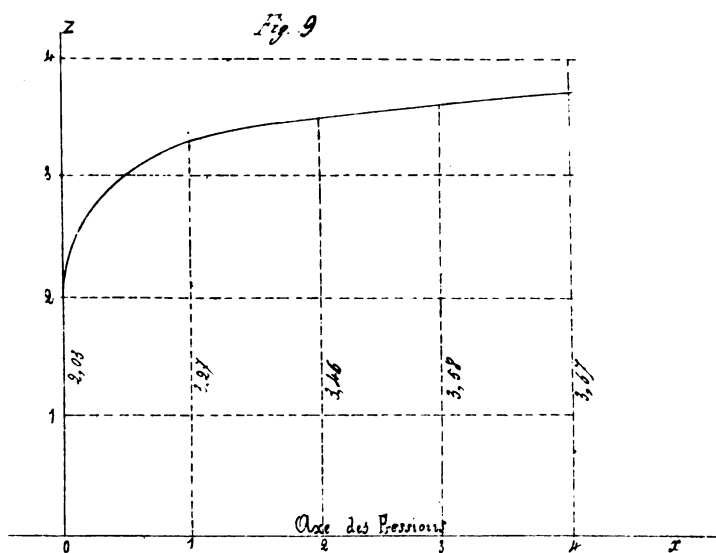
La détente est donnée, la pression et la contre-pression varient.

— Posons $\frac{z}{z_0} = \delta$, $y = h$, $x = h'$

on aura une équation à trois variables

$$Z = \frac{(b + cx^{\frac{1}{5}}) \{ x(1 + L\delta) - \delta y \}}{x}$$

qui représente une surface que nous allons étudier.



— Intersection de cette surface par le plan ZOx . Faisons $y = 0$, cette équation se réduira à

$$Zx = (b + c^{\frac{1}{5}}) x (1 + L\delta)$$

qui se dédouble en deux autres

$$x = 0 \quad \text{axe des } Z$$

$$Z = (b + cx^{\frac{1}{5}}) (1 + L\delta)$$

Cette dernière courbe a une forme très-simple.

On a :

$$\frac{dZ}{dx} = \frac{c(1 + L\delta)}{5y^{\frac{1}{5}}}$$

et

$$\frac{d^2Z}{dx^2} = -\frac{4c(1 + L\delta)}{25y^{\frac{4}{5}}}$$

Pour toutes les valeurs positives de y , $\frac{dZ}{dx}$ est toujours positif, et

$\frac{d^2Z}{dx^2}$ toujours négatif.

• Par conséquent, lorsque x croîtra de 0 à $+\infty$, Z ira toujours en croissant.

Pour $x = 0$, on a $Z = b(1 + L\delta)$.

Pour $x = \infty$, on a $Z = \infty$.

La courbe partira donc d'un point A de l'axe du Z , déterminé par la relation $Z = b(1 + L\delta)$ et s'élèvera de plus en plus au-dessus de l'axe des a .

Au point A, la courbe sera tangente à l'axe du Z , car pour $x = 0$, on a $\frac{dz}{dx} = +\infty$.

La courbe aura la forme ci-contre (fig. 9).

Si l'on calcule un certain nombre de points de cette courbe, on peut s'assurer qu'à partir de $x = 3$, les accroissements de Z sont très peu sensibles.

— Intersection par le plan ZOy ,

Pour cela faisons $x = 0$, on aura $y = 0$, ce qui donne l'axe des Z .

Intersection par le plan xOy .

— Faisons $Z = 0$, l'équation deviendra :

$$(b + cx^{\frac{1}{5}}) \{ x(1 + L\delta) - \delta y \} = 0$$

Cette équation se dédouble en deux autres

$$b + cx^{\frac{1}{5}} = 0 \quad \text{inadmissible}$$

$$y = \frac{1 + L\delta}{\delta} x$$

cette deuxième équation représente une ligne droite passant par l'origine et dont le coefficient angulaire est égale à $\frac{1 + L\delta}{\delta}$.

Si nous supposons :

$$\delta = \frac{z}{z_0} = 4$$

on aura :

$$\frac{1 + L\delta}{\delta} = 0,60$$

et l'équation de la droite pourra se mettre sous la forme :

$$y = 0,60 x$$

Elle sera facile à tracer. On obtiendra la droite $0A$.

— Cherchons l'intersection de la surface des plans parallèles au plan $Z0y$.

Faisons $x = \mu$, l'équation deviendra :

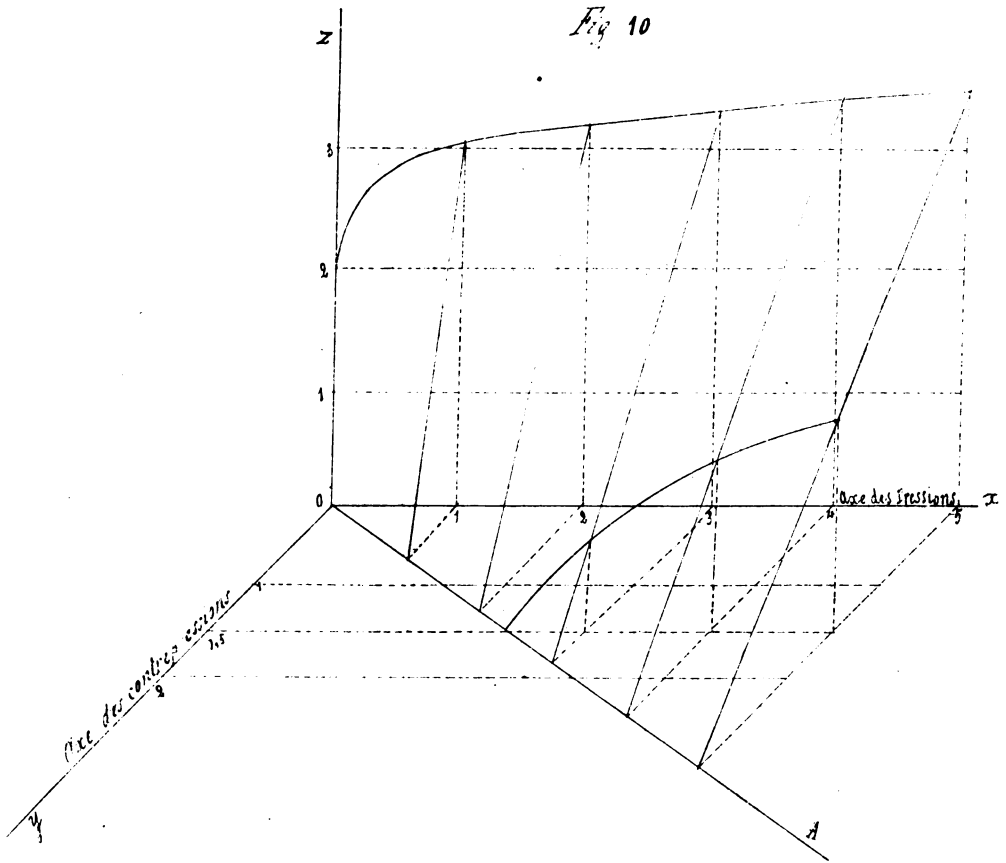
$$Z = \frac{(b + c\mu^{\frac{1}{5}}) \{ \mu(1 + L\delta) - \delta y \}}{\mu}$$

cette équation représente une droite quel que soit μ ; cette droite est parallèle au plan $Z0y$.

Cette surface est donc une surface réglée engendrée par une ligne droite, qui se meut parallèlement à un plan donné, s'appuyant sur une droite $0A$ et sur la courbe d'intersection de la surface et du plan $Z0x$ (fig. 10.)

— Cherchons l'intersection par des plans parallèles au plan $Z0x$.

Fig 10



Posons $y = \lambda$, l'équation de la courbe d'intersection deviendra :

$$Z = \frac{(b + cx^{\frac{4}{5}}) \{ x(1 + L\delta) - \delta\lambda \}}{x}$$

nous avons discuté cette formule en deux reprises différentes, particulièrement dans le cas résolu par le troisième problème, celui où la détente et la contrepression étant donnée, la pression seule varie.

La figure 12 donne la forme de 4 de ces courbes tracées dans les 4 hypothèses suivantes :

$$y = 0,2; y = 1,2; y = 1,5; y = 2$$

la détente δ étant supposée égale à 4.

Nous pouvons nous faire maintenant une idée suffisamment exacte de la surface.

La figure n° 11 donne sa forme en relief. Nous voyons que les valeurs de Z sont d'autant plus grandes que l'on s'éloigne davantage du plan $Z0y$, et que l'on se rapproche plus de l'axe $0x$, c'est-à-dire que la pression est plus grande et la contrepression plus faible.

Considérons les génératrices de la surface, chacune d'elles est déterminée comme nous l'avons vu par un plan parallèle au plan $Z0y$. Pour chacune d'elles, la pression sera donc la même. Considérons les points successifs de ces droites; leurs Z seront d'autant plus grands que l'on se rapprochera davantage du plan $Z0y$, c'est-à-dire que la contrepression sera plus faible. C'est déjà un résultat trouvé ailleurs; c'est la solution du 1^{er} problème.

— Examinons le tableau suivant, qui donne les variations de Z avec la contrepression pour différentes hypothèses faites sur la pression. Pour tous ces cas, on a supposé $\delta = 4$.

Ce tableau montre que les valeurs de Z décroissent très rapidement lorsque h' augmente. Ainsi, dans le cas où $h' = 3,099 = 3$ atmosphères, δ étant supposée égale à 4, la dépense de vapeur avec une contrepression $h' = 1,5$ est 5 fois plus considérable qu'avec une contrepression $h' = 0,2$.

Nous voyons aussi que les variations de Z avec la contrepression h' deviennent de moins en moins sensibles à mesure que la pression augmente.

Par conséquent, lorsqu'on emploiera des pressions de plus en plus fortes, l'économie de vapeur réalisée en prenant de faibles contrepressions diminuera de plus en plus.

Au contraire, dans le cas de faibles pressions, cette économie sera d'autant plus grande que la pression sera moins élevée.

$$\frac{z}{z_0} = \delta = 4$$

	$h = 3 \text{ atm.}$	$h = 4 \text{ atm.}$	$h = 5 \text{ atm.}$	$h = 6 \text{ atm.}$	$h = 8 \text{ atm.}$	$h = 10 \text{ atm.}$
$h' = 0$			$Z = 3,73$			
$h' = 0,2$	$Z = 3,20$	$Z = 3,38$	$= 3,50$	$Z = 3,61$	$Z = 3,76$	$Z = 3,88$
$h' = 1,2$	$= 1,26$	$= 1,88$	$= 2,28$	$= 2,57$	$= 2,95$	$= 3,22$
$h' = 1,5$	$= 0,68$	$= 1,44$	$= 1,92$	$= 2,26$	$= 2,72$	$= 3,05$
$h' = 2,0$	$Z \text{ négatif}$	$= 0,69$	$= 1,31$	$= 1,75$	$= 2,32$	$= 2,70$
$h' = 2,48$			$= 0$			

— Considérons les plans déterminés dans la surface par des plans parallèles au plan $Z0\alpha$.

Pour chacune de ces courbes, la contrepression y est donnée, la pression α seule varie.

Si l'on examine les lignes horizontales du tableau précédent, on aura les variations de Z de quatre de ces courbes.

La courbe correspondant au cas où $h' = 0,2$, montre que la détente étant fixée, il n'y a pas grand intérêt à augmenter la pression au delà de 4 à 5 atmosphères; c'est le cas des machines à condensation.

Dans le cas des machines sans condensation, l'économie augmente avec la pression dans une proportion d'autant plus grande que la contrepression elle-même est plus forte.

Lorsque la pression augmente, la différence entre les Z de ces différentes courbes diminue de plus en plus. Par conséquent, la détente étant choisie, l'économie réalisée en adoptant de faibles contrepressions sera d'autant plus négligeable que la pression adoptée sera plus considérable.

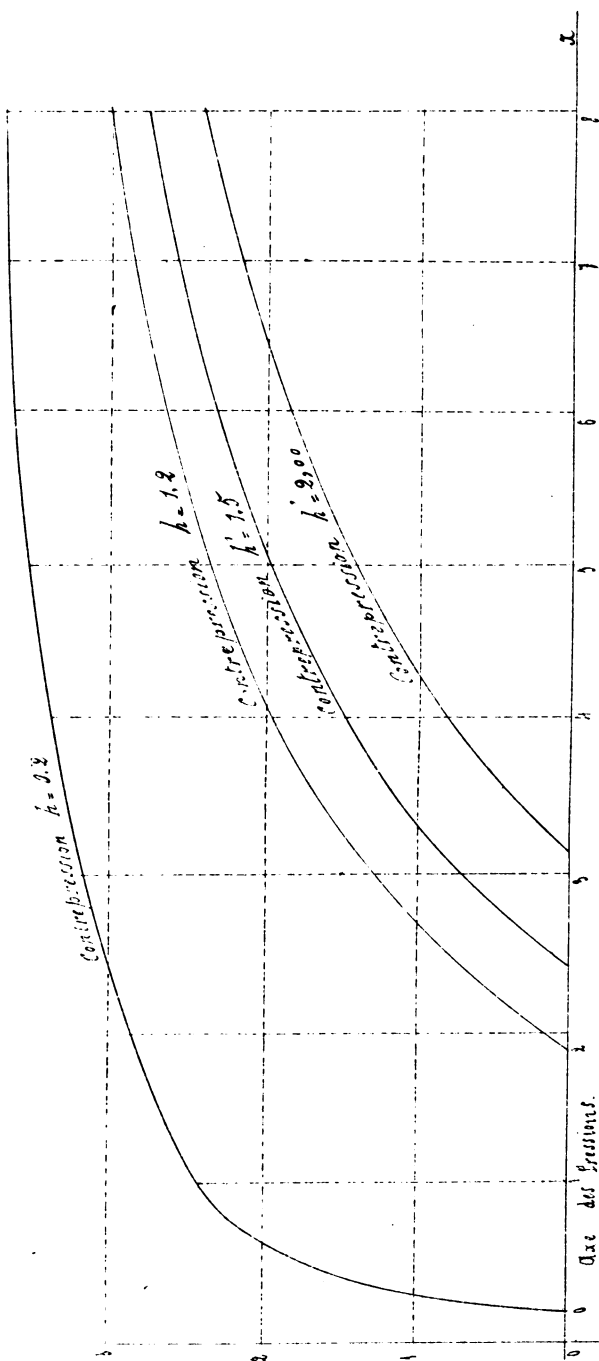
Ainsi, lorsque $h' = 1,5$, pour une pression de 3 atmosphères, on a $Z = 0,68$, tandis que pour une pression de 5 atmosphères, Z atteint une valeur presque triple de la précédente $Z = 1,92$; par suite, dans le cas où la détente $\frac{z}{z_0}$ sera égale à 4, on dépense 3 fois moins de vapeur en choisissant une pression de 5 atmosphères de préférence à une pression de 3 atmosphères.

On n'aura donc pas à hésiter. L'énorme économie de vapeur réalisée en adoptant $h = 5 \text{ atm.}$ compensera de beaucoup l'augmen-

Détente donnée $\frac{Z}{Z_0} = h$.

Variations de Z avec la pression dans les cas particuliers où $h' = 1,2$
 $1,5$
 $2,0$

Fig. 11



tation des fuites de vapeur dans les conduites, résultant de l'emploi d'une pression plus considérable.

Ici s'arrête l'étude, que je me suis proposé de faire, de la formule donnant le poids de vapeur nécessaire à une machine pour effectuer un travail déterminé.

Tout incomplet qu'il est, j'ai cru cependant devoir soumettre ce petit travail à la Société, car il traite d'une question à l'ordre du jour.

Je ne veux pas clore cette communication sans remercier M. Stapfer et M. Paret, de leur bienveillant concours.



RAPPORT

DE LA

SECTION DE CHIMIE SUR LA MÉTHODE D'ANALYSE DES HUILES GRASSES

DE M. MASSIE.

Avant de vous développer les conclusions du rapport que j'ai l'honneur de vous soumettre au nom de la section de chimie, je dois attirer votre attention sur les difficultés considérables que présente l'analyse qualitative et quantitative des huiles.

Je n'ai pas besoin de vous démontrer l'importance d'une méthode sûre, rapide et capable d'être appliquée par des mains inexpérimentées, tant au point de vue des transactions commerciales, qu'au point de vue industriel. Cette méthode est malheureusement encore à trouver; malgré de très nombreuses et savantes études faites sur la question par des hommes d'un talent incontestable, on ne peut encore affirmer que, même avec toutes les ressources de la manipulation la plus habile, il soit toujours possible d'atteindre un résultat certain. Les huiles d'origines diverses se rapprochent tellement par leurs propriétés physiques comme par leur constitution chimique, les différences qu'elles peuvent présenter sous l'action des divers réactifs sont tellement faibles, que chaque moyen proposé a une limite de sensibilité très-étendue.

On comprend facilement qu'il devienne très-malaisé de différencier entre elles les diverses espèces d'huiles par des caractères bien nets et bien tranchés, d'autant plus malaisé que ces caractères varient pour une même espèce suivant l'âge, la provenance et le mode d'extraction.

De très-nombreux procédés ont été proposés pour l'essai des huiles de graines. Leur description détaillée ne saurait trouver place ici; je me bornerai à vous en dire les quelques mots nécessaires pour mieux faire apprécier le côté original et personnel du travail de M. Massie.

Je ne vous parlerai point des procédés purement organoleptiques ; fondés sur l'odeur et la saveur des huiles, ils ne peuvent être appliqués avec quelque certitude que par des praticiens émérites.

Les procédés basés sur les propriétés physiques sont peu nombreux, et ne peuvent donner que des indications assez vagues.

On a cherché à reconnaître la nature d'une huile par l'état physique (figures de cohésions) ; la densité (oléomètres de Laurot et de Lefebvre, élaïomètre de Gobley) ; le point de congélation, l'élévation de température produite par le mélange de l'huile avec l'acide sulfurique (MM. Maumené et Fehling) ; la résistance plus ou moins grande opposée par une huile au passage d'un courant électrique (diagonmètre de Rousseau). On a proposé enfin de distinguer les huiles par la mesure des indices de réfraction (M. Torchon) et on a récemment développé devant vous une méthode fondée sur la théorie des interférences (M. Croullebois).

Les moyens d'essai purement chimiques reposent presque tous sur les colorations diverses que peuvent prendre sous l'action de réactifs appropriés les principes étrangers contenus en très-minime quantité dans toutes les huiles grasses.

On a utilisé également la transformation de l'oléïne des huiles pures non sicatives en élaïdine sous l'action de l'acide hypoazotique, du nitrate de mercure ou d'un mélange d'acide azotique et de produits nitreux. La création de cette méthode est due à M. Poutet, de Marseille, qui proposa en 1819, l'emploi d'une solution de nitrate de mercure dans l'acide nitrique. M. Boudet proposa, dans le même but, en 1832, un mélange d'acide azotique et d'acide hypoazotique. Il y joignit le premier l'observation des colorations produites dans les diverses huiles sous l'action de son réactif.

Pour produire dans les huiles des réactions de coloration, on a proposé l'acide sulfurique pur (M. Heydenreich), ou saturé de bichromate de potasse (M. Penot) ; le mélange d'acide azotique et sulfurique (MM. Crace Calvert, Behrens) ; l'acide phosphorique, l'eau régale, la soude caustique (M. Crace Calvert) ; les alcalis caustiques, le chlore gazeux (M. Fauré) ; le chlorure de zinc, le bisulfure de calcium, le bichlorure d'étain (M. Château).

MM. Crace-Calvert, Cailletet, Château ont publié sur l'ensemble des réactions colorées des huiles des travaux qui, quoique très-conscientieux, ne peuvent seuls suffire à résoudre le problème.

Dans quelques cas on a pu découvrir, pour certaines huiles, des réactions parfaitement accusées et qui ne laissent pas place au doute, quand on se propose seulement de caractériser une huile donnée.

Ainsi on peut caractériser les huiles des crucifères par la présence du soufre qu'elles contiennent en minime quantité, et que l'on décèle par les procédés analytiques connus. Ainsi encore on différencie très-nettement l'huile de sésame à l'aide d'un procédé très-simple dont M. J. Roux nous a donné une élégante description. Enfin, M. Renard a indiqué un procédé qui permet de reconnaître et même de doser l'huile d'arachide par la mise en évidence d'un acide spécial, l'acide arachidique ou hypogœique.

Ce cas est à peu près le seul où l'on puisse arriver à réunir le dosage quantitatif à l'analyse qualitative.

Le problème de l'analyse quantitative n'a pour ainsi dire pas encore été effleuré : il est pourtant de la plus haute importance pour l'industrie, celle des savons en particulier.

M. Cailletet a proposé de doser un mélange binaire de deux huiles reconnues qualitativement par la quantité différente de brôme, que ces huiles peuvent dissoudre. Ce procédé est beaucoup trop compliqué et ne saurait être recommandé.

On peut encore avoir recours aux gammes colorées, aux indications densimétriques, mais ces moyens peuvent très-facilement être mis en défaut.

Il paraîtrait préférable au point de vue industriel de se borner à déterminer par saponification le rendement en savon et par suite en acides gras d'un mélange donné, et il serait à désirer que des recherches fussent poussées dans ce but.

J'arrive maintenant au travail qui fait l'objet de ce rapport, travail intitulé par son auteur :

Etudes sur les huiles grasses avec indication d'une méthode pour reconnaître facilement une espèce d'huile, et d'un moyen simple de déterminer si l'huile d'olive est pure ou falsifiée.

La première partie du travail de M. Massie a pour sous-titre : *Quelques généralités sur les huiles*. On y trouve indiquée une idée ingénieuse, celle de déterminer la nature d'une huile par la fluidité plus ou moins grande à une température constante. D'après M. Massie, la fluidité serait en union inverse de la proportion de margarine entrant dans la composition élémentaire de l'huile ; malheureusement les nombres donnés par M. Massie pour quelques huiles sont beaucoup trop voisins les uns des autres pour avoir une réelle utilité pratique. M. Massie explique, d'ailleurs, quelques pages plus loin, qu'il a dû renoncer à se servir de ce caractère.

M. Massie donne ensuite un moyen de reconnaître la présence d'acides gras libres dans une huile donnée en versant dans cette

huile un volume déterminé, d'une solution saturée de carbonate de potasse ; si l'huile contient un acide gras libre, il se forme un savon que M. Massie sépare par filtration. On peut arriver, au moins, aussi simplement à reconnaître la présence des acides gras en traitant l'huile par l'alcool, qui dissout l'acide et l'abandonne par une évaporation ultérieure.

Quant au densimètre de M. Massie, il n'a de spécial que son échelle dont chaque division représente un gramme, ce qui permet le contrôle direct par la balance et le flacon à densité.

M. Massie a déterminé directement avec son densimètre le poids spécifique d'huiles pures obtenues dans son laboratoire par pression à froid, filtrées soigneusement, et dont la matière première était parfaitement homogène.

Il n'est donc pas étonnant que quelques-uns de ces chiffres diffèrent sensiblement de ceux que l'on trouve indiqués dans les ouvrages spéciaux. Les huiles du commerce ne peuvent être préparées dans des conditions de pureté absolue, et l'âge, la provenance et le mode d'extraction interviennent également pour faire varier le poids spécifique. Il en résulte que dans la pratique industrielle on ne peut admettre un nombre absolu pour la densité d'une espèce d'huile déterminée.

M. Massie prend soin d'avertir que sa méthode est basée essentiellement sur la coloration et la solidification des huiles en profitant de la dessiccation et du point de congélation. Il reconnaît que les réactifs, qu'il emploie (acide nitrique et azotate de mercure) ne sont pas nouveaux ; mais il réclame la priorité pour le mode d'opération, ce qui ne saurait lui être contesté.

La description du procédé forme la deuxième partie du travail de M. Massie, qui le termine par trois tableaux contenant les résultats obtenus.

Le premier de ces tableaux a pour but la détermination de l'espèce d'une huile donnée. Le second donne les temps de solidification des huiles grasses non sicatives solidifiables par l'action du mélange d'acide azotique et d'azotate du mercure ; le nombre de jours nécessaires pour la dessiccation des huiles sicatives et la couleur de l'huile desséchée. On y trouve également la nomenclature des huiles non sicatives et celle des huiles grasses non solidifiables par le réactif précité.

Le troisième tableau contient les réactions obtenues par le procédé de M. Massie avec des mélanges binaires dont l'huile d'olive est la base.

Ces tableaux, quels que soient le soin qu'y ait apporté leur auteur, laissent à désirer sous le rapport de la description des réactions et il est à regretter que M. Massie n'ait pu y joindre une représentation figurée des teintes qu'il avait observées.

Votre Commission a répété avec un vif intérêt les réactions indiquées dans ces tableaux, non seulement pour les diverses sortes d'huiles, mais encore pour des huiles de même espèce et de diverses provenances. Elle a pu constater que les différences de coloration entre plusieurs espèces d'huiles étaient dans quelques cas trop peu sensibles pour les distinguer d'une façon bien nette.

D'autre part, pour une même espèce d'huile, les réactions obtenues varient suivant le pays d'origine et le mode d'extraction dans une limite assez étendue pour laisser place à l'hésitation.

En résumé, la méthode d'essai de M. Massie pourra, entre des mains expérimentées, donner des indications sinon d'une rigueur scientifique du moins intéressantes à titre de renseignements utiles pour le commerce et l'industrie; mais elle ne saurait, pas plus que celles connues jusqu'à présent, résoudre le problème si complexe de l'analyse des huiles grasses, même réduit au cadre restreint dans lequel M. Massie s'est renfermé.



COMPTES-RENDUS

DES

SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE INDUSTRIELLE



Séance mensuelle du 14 Octobre 1875.

Présidence de M. CAHIER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, qui est adopté.

Le Président annonce que la Société a reçu en don : de M. Favre, doyen de la Faculté des Sciences, son mémoire sur la transformation et l'équivalence des forces physiques ;

De M. Flournois, membre correspondant :

Le rapport n° 10 sur le tunnel du Saint-Gothard ;

De la Société des ingénieurs-mécaniciens de Birmingham, ses *Bulletins* de 1872 à 1875, dix-neuf volumes.

Le secrétaire donne lecture d'une note envoyée par M. Richaud sur un nouveau système de planchers en fer.

Les poutres en double T sont entretoisées par des petits fers plats de 1 cent. sur 2 espacés de 1^m 50 les uns des autres, et qui supportent parallèlement aux fers à double T un fer à simple T.

Les voûtes sont remplacées par des poteries en forme de tubes carrés dont l'axe est perpendiculaire aux solives et dont les bouts viennent reposer sur le fer à simple T.

Les tubes sont en plâtre, ou mieux en terre cuite, et donnent immédiatement en dessus et en dessous une surface plane destinée à recevoir le plancher et le plafond.

Plusieurs observations sont faites par MM. Ménard, Cahier et Stapfer sur la résistance des petits fers et leurs assemblages ; en sorte que le bureau est chargé de revoir cette partie du travail avec l'auteur avant l'impression au *Bulletin*.

M. THIÉBLEMONT, ayant demandé de remettre à la prochaine séance sa communication sur l'utilisation des laitiers, M. Marquisan donne

lecture d'une traduction d'un article anglais sur les machines d'épuisement à tiges hydrauliques de Sulzbach Altenwald, près Saarbruck.

Le moteur établi à la surface est une machine horizontale à double effet et à haute pression avec un cylindre de 1^m 35 de diamètre et 1^m 76 de course.

A chaque extrémité de la tige de piston est attaché un plongeur refoulant de 0^m 23 de diamètre, mis en communication avec la machine souterraine par un tube plein d'eau.

La machine souterraine se compose de quatre corps de pompe réunies deux à deux par une traverse et actionnées alternativement par la pompe foulante du jour par l'intermédiaire des tubes hydrauliques. Les plongeurs inférieurs ont 0^m 15 de diamètre et 1^m 67 de course. Entre chaque paire est placé un plongeur de 0^m 25 de diamètre qui agit sur la traverse des pompes sous l'action de l'eau comprimée à une pression supérieure à celle des compresseurs du jour, à cause de la profondeur du puits, soit 77 atmosphères.

Le plongeur inférieur en redescendant est obligé ensuite de faire remonter l'eau dans la colonne sous cette même charge de 280 mètres.

Cette solution ingénieuse en elle-même, puisqu'elle rend les transmissions indépendantes des sinuosités des galeries et supprime les grandes tiges des machines de Cornouailles, semble donner lieu à de grandes pertes par frottement et exige une installation hors de proportion avec les résultats obtenus.

La Société a reçu, membres fondateurs :

MM. RABATTU *, entrepreneur de travaux publics ; et
MONTAGNE, fondeur.

Séance mensuelle du 11 Novembre 1875.

Présidence de M. ESTRANGIN.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, qui est adopté.

M. THIÈBLEMONT passe d'abord rapidement en revue les propriétés chimiques des laitiers, en signalant la variabilité des éléments qui

les constituent. Les propriétés physiques sont ensuite examinées avec plus de détail, puisque ce sont elles qui donnent lieu à cette communication.

Les laitiers sont des produits très-encombrants pour les usines, qui cherchent à en tirer parti suivant les conditions de leur situation. Ils ont été employés à l'empierrement des routes. Dans la Meurthe-et-Moselle on en a fait des pavés qui remplacent assez bien les pavés naturels. Ne pourrait-on s'en servir pour faire les jetées des ports? Quand on fait couler des laitiers dans de l'eau, ils se granulent, et peuvent ainsi servir à divers usages. Différents moyens très-simples sont employés à ce travail. Un mélange de $\frac{2}{3}$ de ce sable avec $\frac{1}{3}$ de chaux donne un excellent mortier. C'est ce même mélange qui sert à faire les briques en sable de laitier, qui résistent très-bien comme matériaux de construction.

Des essais nombreux ont été faits pour en fabriquer du ciment. Cette fabrication est beaucoup facilitée par l'état friable du laitier à l'état de sable. Le laitier fusé donne de très-bonnes enveloppes pour conduites à vapeur, etc. Avec les laitiers vitreux on a essayé de fabriquer la laine de laitier.

M. THIÈBLEMONT termine par quelques considérations sur l'état du soufre dans le sable de laitier, et son oxydation par une longue exposition à l'air.

M. LOMBARD demande si des essais de fabrication de ciment par mélange de la chaux avec les laitiers ont été faits : il craint que la cuisson de ce mélange ne soit difficile.

M. VILLOT pense que les ciments ainsi fabriqués ne pourront pas avoir une composition absolument constante comme les ciments connus, et que la variation de proportion dans les éléments constitutifs de ces ciments sera un sérieux obstacle à leur emploi dans le commerce. A propos de la fabrication des briques de laitiers, il émet l'avis que le durcissement observé dans ces briques tient moins à la pression qu'on fait subir aux matériaux qu'à une véritable réaction chimique, analogue à celle que produit le durcissement de la chaux hydraulique en présence de l'eau ; il doit se produire un silicate ou des silicates définis, comme la pouzzolane, mise en présence de la chaux grasse ou moyennement hydraulique, forme un silicate défini ; de même le laitier, très-analogue à la pouzzolane comme composition et contenant de la silice gélatineuse, très-propre à s'unir aux bases, doit former également un silicate ou des silicates. La pression n'agit que pour rapprocher les molécules et faciliter l'action chimique.

M. THIÈBLEMONT dit qu'il ne nie pas l'effet de la silicatisation dans une certaine mesure ; mais une brique n'a toute sa solidité qu'au bout de quatre ou cinq mois, et une réaction chimique entre la silice et la chaux se ferait aussi vite que dans les ciments, si cette réaction était la seule, ce qui n'est pas ; il cherche à expliquer qu'un sable de laitier bien pulvérisé serait plus économique, au point de vue de la quantité de chaux à employer qu'un laitier grossier.

Une même usine pourrait fournir, pendant un temps très-long, du laitier de même qualité, pouvant faire du ciment d'une composition constante. Le contraire prouverait que cette usine a changé la fabrication de ses produits-fontes, ce qui ne peut pas être, parce que cela nécessite de nouvelles études et la recherche de nouveaux clients pour écouler des matières différentes de celles fabriquées autrefois. Dans une situation d'usine donnée, les provenances de minerais ne varient pas tellement qu'on n'ait pas, pendant un grand laps de temps, les mêmes compositions de lits de fusion, et, par conséquent, de laitiers.

M. EUG. LATTÈS s'est proposé de chercher dans quelles limites il fallait faire varier la pression, la contre-pression et la détente d'une machine à vapeur pour effectuer un travail déterminé avec une dépense minime de vapeur.

Il est parti de la formule suivante :

$$(1) \quad V = \frac{27}{K \left\{ h \left(1 + L \frac{z}{z_0} \right) - \frac{z}{z_0} h' \right\}}$$

qui représente le volume de vapeur dépensé pour effectuer le travail d'un cheval-vapeur pendant une heure. Dans cette formule, K est une quantité constante ; h et h' , la pression et la contre-pression par centimètre carré exprimées en kilogrammes ; z , la course du piston exprimée en mètres, et z_0 , la partie de la course durant laquelle a lieu l'admission de la vapeur.

Cette formule a été établie en supposant que la vapeur suit la loi de Mariotte.

M. Lattès examinera, dans la prochaine séance, s'il est possible de déduire de la thermo-dynamique une formule plus générale.

La discussion de la formule précédente revient à discuter la valeur de Z .

$$(2) \quad Z = h \left\{ 1 + L \frac{z}{z_0} \right\} - \frac{z}{z_0} h'$$

Z variera en sens inverse de h .

M. Lattès suppose d'abord que la pression h est donnée, et il examine successivement les cas particuliers qui peuvent se présenter.

1° La détente est donnée : la contrepression seule varie, dans ce cas, la formule montre immédiatement que Z varie en sens inverse de h' , c'est à dire que V croît dans le même sens que la contrepression. Il y a donc intérêt, la détente et la pression étant données, à prendre pour la contrepression la plus petite valeur possible.

2° La contrepression est donnée : la détente seule varie ; le tracé de la courbe représenté par la formule (2), montre les variations de Z ; Z croît d'abord lorsque $\frac{z}{z_0}$ varie à partir de 1, puis il atteint son maximum lorsque $\frac{z}{z_0} = \frac{h}{h'}$; à partir de cette valeur de $\frac{z}{z_0}$, et pour les valeurs supérieures, Z va en décroissant.

Dans ce cas, on obtiendra donc une dépense minima de vapeur en prenant pour valeur de la détente $\frac{z}{z_0}$ la valeur $\frac{h}{h'}$.

M. LATTÈS montre que les valeurs de Z varient très-peu aux environs du maximum, et en déduit plusieurs conséquences. Il examine aussi différents cas particuliers.

3° La détente et la contre-pression varient. L'étude de Z peut être ramenée à celle de la surface représentée par l'équation (2), dans laquelle Z , $\frac{z}{z_0}$ et h' sont variables.

C'est une surface réglée dont la génération est très-simple.

Le tracé de cette surface montre d'une façon très-sensible à l'œil les variations de Z avec la contre-pression et la détente.

Les intersections de cette surface par les plans parallèles aux plans de coordonnées donnent différentes conclusions, qui sont discutées.

M. LATTÈS donne un moyen graphique de trouver, pour chaque contre-pression, la valeur de la détente correspondant au maximum de Z .

Dans la prochaine séance cette étude sera achevée.

M. le Trésorier dépose sur le bureau ses comptes de l'exercice 1875.

Il est procédé à la nomination d'une commission pour vérifier ces comptes.

MM. Gautier et Barthelet sont désignés pour cet effet.

La Société a reçu membre fondateur M. Lascaridi (Aristide), négociant.

Assemblée générale du 9 Décembre 1875.

Présidence de M. BIVER.

Lecture est faite du procès-verbal de la dernière séance, qui est adopté.

M. BARTHELET donne lecture du rapport des commissaires nommés pour la vérification des comptes du Trésorier pendant l'année 1874, lequel conclut à l'ouverture d'un compte capital pour qu'il soit possible de connaître l'avoir de la Société.

M. STAPFER fait observer que l'avoir de la Société comprend deux éléments principaux : 1° la bibliothèque ; 2° le mobilier.

La bibliothèque a une valeur qui, sans être purement nominale, est d'une estimation presque impossible, du moins pour le moment. Nous avons tenté, dans le principe, de faire une séparation entre les dépenses occasionnées par les abonnements aux ouvrages périodiques, ou autres dépenses courantes prélevées sur les recettes produites par les cotisations annuelles, et celles afférentes aux ouvrages de fond prélevées sur les droits d'admission, qui auraient formé un capital. Nos ressources ne nous ont pas encore permis de donner à cette idée une suite effective.

2° Le mobilier. Les dépenses afférentes à cet article ont jusqu'à présent été portées en frais généraux ou en frais d'entretien. Toutes les sociétés analogues à la nôtre ne présentent pas dans leurs comptes de fonds capital. L'inventaire d'un tel compte n'a de l'intérêt que dans les sociétés commerciales instituées pour faire un bénéfice.

M. PÉTIN pense qu'on pourrait ouvrir un compte pour le mobilier.

M. PARET croit qu'on pourrait évaluer la bibliothèque approximativement.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT met aux voix :

1° La continuation du mode suivi jusqu'à ce jour dans la tenue de nos comptes, approuvé à la majorité ;

2° L'approbation des comptes du Trésorier, approuvé à l'unanimité.

M. STAPFER lit le rapport annuel sur les opérations de la Société pendant l'année 1875.

M. DUCLOS, Eugène, fabricant de produits chimiques, est reçu Membre Fondateur.

L'ordre du jour porte la nomination des membres du Bureau.

M. BOUQUET propose de nommer un secrétaire général de la Société; il pense que cette interprétation des statuts est possible et que la mesure sera avantageuse à la Société.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT croit que les statuts ne s'opposent pas à cette mesure, qui est mise aux voix et adoptée.

Les bulletins de vote devront porter la mention d'un secrétaire général.

Le scrutin est ouvert et la parole est donnée à M. LATTÈS.

M. Eug. LATTÈS, continuant de développer le travail qu'il a soumis à la Société à la dernière séance, passe à l'étude des poids de vapeur dépensés pour mettre en mouvement une machine à vapeur ayant un travail déterminé à faire, lorsqu'on fait varier la pression h , la contrepression h' et la détente $\frac{z}{z_0}$.

La formule donnant le poids de vapeur P dépense pour produire pendant une heure le travail d'un cheval vapeur pour se mettre sous la forme :

$$P = \frac{A}{Z} \quad (3)$$

en posant

$A = \text{constante}$

et

$$Z = \frac{1 + at}{h} \left\{ \left(1 + L \frac{z}{z_0} \right) - h' \frac{z}{z_0} \right\} \quad (4)$$

Il suffira donc d'étudier les variations de Z pour en déduire celles de P : z variera en sens inverse de P .

On peut écrire la formule de Z sous la forme :

$$Z = \frac{(b + ch)^{\frac{1}{5}}}{h} \left\{ h \left(1 + L \frac{z}{z_0} \right) - h' \frac{z}{z_0} \right\} \quad (5)$$

en posant d'après Dulong et Arago :

$$h = (1 + a\theta)^5$$

et

$$b = 1,37 \frac{\alpha}{a} = 0,85; c = \frac{\alpha}{a} = 0,52.$$

Cette formule (5) ne contient plus que trois variables, h , h' et $\frac{z}{z_0}$.

De là six problèmes différents.

1° La pression et la détente $\frac{z}{z_0}$ sont données ; la contrepression h' seule varie.

Dans ce cas, l'équation (5) représente une ligne droite. On en déduit que la dépense de vapeur sera d'autant plus faible, que la contrepression sera elle-même plus faible.

2° La pression h et la contrepression h' sont données : la détente $\frac{z}{z_0}$ varie.

La courbe représentée par l'équation (5) montre que la dépense de vapeur diminue lorsque la détente $\frac{z}{z_0}$ croît ; elle atteint sa valeur minima pour $\frac{z}{z_0} = \frac{h}{h'}$; puis elle croît de plus en plus lorsque la détente croît au-delà de $\frac{h}{h'}$.

Pour les valeurs de la détente voisines de $\frac{h}{h'}$, les variations de Z , et, par suite, les variations de la dépense de vapeur sont presque insensibles. De là, quelques conséquences remarquables qui sont examinées.

3° La détente $\frac{z}{z_0}$ et la contrepression h' sont données ; la pression h varie.

Dans ce cas Z augmente et par suite la dépense de vapeur diminue lorsque la pression augmente.

4° La pression h est donnée ; la contrepression h' et la détente $\frac{z}{z_0}$ varient.

L'équation représente une surface à génératrices rectilignes s'étendant indéfiniment au-dessus du plan des x o y . Cette surface permet de se rendre compte des variations de Z et par suite des dépenses de vapeur avec la détente et la contrepression. La détente étant donnée, elle permet d'en déduire la contrepression la plus économique et *vice-versa*, la contrepression étant choisie, elle donne la détente à adopter.

M. LARRÈS indique un procédé graphique donnant la détente correspondant à une contrepression donnée.

La relation $\frac{z}{z_0} = \frac{h}{h'}$ correspondant au maximum de Z , ne donne

pas toujours des résultats pratiques ; mais, on peut adopter pour la détente $\frac{z}{z_0}$ une valeur qui diffère sensiblement de la valeur théorique $\frac{h}{h'} = \frac{z}{z_0}$ sans augmenter de beaucoup la dépense de vapeur.

M. LATTÈS a calculé un tableau donnant les détentes pratiques à choisir dans un certain nombre de cas particuliers.

5° La contrepression h' est donnée, la pression h et la détente $\frac{z}{z_0}$ sont invariables.

L'équation (5) représente une surface qui s'étend indéfiniment au dessus du plan des xoy , et qui ne donne pour Z aucun maximum relatif.

L'étude de cette surface donne les solutions des questions traitées en discutant les 2^{es} et le 3^{es} cas et permet de les généraliser.

Elle montre en outre : que les accroissements de Z avec la pression sont d'autant plus sensibles que la détente $\frac{z}{z_0}$ a une valeur plus

grande ; que la détente $\frac{z}{z_0}$ à adopter sera d'autant plus élevée que la pression choisie sera elle-même plus grande ; enfin, que l'on a intérêt à adopter les plus grandes valeurs possibles pour la pression et la détente, les deux éléments étant liés ensemble par la relation $\frac{z}{z_0} = \frac{h}{h'}$.

M. LATTÈS a calculé les variations de Z avec la pression pour les valeurs successives 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 10 de la détente $\frac{z}{z_0}$. Il donne ces résultats sous forme de tableaux et de courbes. Ce cas particulier est intéressant pour les raffineries, sucreries, distilleries, etc., et en général pour toutes les usines qui ont un intérêt réel à utiliser leurs vapeurs d'échappement.

M. LATTÈS cherche à tirer de l'étude de la surface précédente quelques conséquences utiles pour ces industries.

6° La détente $\frac{z}{z_0}$ est donnée, la pression h et la contrepression h' sont variables.

L'équation (5) représente une surface réglée qui s'étend indéfiniment au dessus du plan des xoy . L'examen de cette surface montre que les valeurs de Z sont d'autant plus grandes que la contrepression est plus faible et la pression plus forte.

On déduit encore de cette étude : que l'économie réalisée est d'autant moins sensible que la pression est plus forte, et que les variations de Z et, par suite, celles de P , que la contrepression adoptée est plus élevée.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT donne lecture du résultat du vote :

Président : M. GOUIN.

Vice-Présidents : MM. ESTRANGIN, CAHIER, SICARD.

Secrétaire général : M. STAPFER.

Secrétaires : MM. MARIOTTE, ROUFFIO.

Trésorier : M. BUBATON.

Bibliothécaires : MM. SERMENT, D'HAUTHUILLE.

Commissaires : MM. LAUGIER, BARTHELET, MARQUISAN, MARTEL.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT fait remarquer que parmi les bulletins trois ne sont pas réguliers ; ils portent 4 secrétaires au lieu de 3. Sur 3 bulletins, M. Mariotte est porté ; il a ainsi réuni la majorité. Sur ces bulletins, M. Rouffio n'est pas porté. Il n'a que la moitié des voix.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT propose, pour éviter un nouveau vote, de déclarer le scrutin valable pour MM. Mariotte et Rouffio. Adopté.

M. SICARD remercie l'Assemblée de l'avoir nommé vice-président, mais il s'excuse en disant qu'il lui est difficile d'accepter vu ses occupations.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT et les membres persistent auprès de M. Sicard pour qu'il accepte.

L'Assemblée est unanimement d'avis de ne pas accepter la démission de M. Sicard.

Ordre du jour de la prochaine séance :

Rapport de la Section de Chimie.

RAPPORT DU BUREAU.

MESSIEURS,

Nous sommes heureux, avant de déposer les pouvoirs que vous nous avez confiés, de vous dire que la situation de notre jeune Société n'a pas cessé de s'améliorer, et qu'elle nous permet d'aspirer à un rang honorable parmi les Sociétés savantes de Province.

Ce résultat est surtout remarquable dans une ville qui avait toujours été peu favorable aux tentatives de ce genre et dont les autorités ont encore, cette année, fait un accueil si froid à notre proposition de convoquer à Marseille le Congrès scientifique de France.

Les travaux exposés en séance et publiés dans notre *Bulletin* pendant cette année, n'ont pas été sans importance, et ont paru exciter l'intérêt des Sociétés semblables à la nôtre, puisque toutes celles à qui nous avons proposé un échange de *Bulletins*, l'ont accepté et nous ont ainsi fourni des documents originaux qui sont d'un grand prix pour notre bibliothèque.

Les questions de chimie ont été traitées par :

MM. Marquisan au sujet de l'alizarine artificielle;

Croullebois, à propos de son oléoscope, et par la section de chimie tout entière au sujet des procédés d'analyse des huiles de graines.

La métallurgie a été étudiée dans les communications de M. Thièblemont sur les aciers phosphoreux et les laitiers de hauts-fourneaux de : MM. Pétin sur le four Pernot;

Sévoz sur les fours japonais. et de M. Reynès sur un minéral plombifère apporté récemment d'Espagne.

La mécanique a eu sa part dans les conférences de :

MM. de Retz sur les machines routières;

Villot et Biver sur les machines d'épuisement et les machines perforatrices;

Lagrafel sur les machines de Paoli;

Lugand et Barret sur les chaudières.

L'électricité a été brillamment représentée par MM. Ternant et Lacoine, qui nous ont tenus au courant des derniers perfectionnements de la télégraphie sous-marine.

La Section d'architecture, tout en travaillant à l'établissement d'une série de prix pour Marseille, nous a donné un rapport intéressant sur les briques en laitiers.

Enfin, nous avons entrepris la publication du volumineux travail de M. Barret sur les ports de commerce, dont vous avez entendu avec intérêt quelques extraits en séance, mais que chacun était désireux de pouvoir consulter à loisir. Cette entreprise est un peu hors de proportion avec l'état de nos finances, mais nous avons l'espoir que la vente des 200 volumes que nous avons mis dans le commerce, couvrira à quelques cents francs près, les frais d'impression.

Pendant cette année, nous avons eu la douleur de perdre deux de nos membres fondateurs, MM. Reynoard, architecte, et M. R. Olivier,

ingénieur, qui avaient été des premiers à apporter leur concours à notre Société.

Malgré ces pertes et neuf démissions ou départs, le nombre des membres fondateurs n'a pas cessé d'augmenter, et quoique nous ayons le regret de compter encore en dehors de nos rangs, plusieurs ingénieurs et industriels distingués, notre chiffre qui n'était que de 138 à la fin de 1874, est maintenant de 150.

Le nombre des membres associés est de 36 au lieu de 29; celui des étrangers payants est de 44 au lieu de 10.

Ce qui assure pour l'année 1876 un minimum de quotités de 8,500 francs.

Il reste en caisse au 1 ^{er} novembre.....	F. 2024 76
Quotités à recouvrer.....	980 »

Soit un reliquat de.....	F. 3004 76
--------------------------	------------

Sur lequel il n'est dû que 1,300 francs de factures, sans compter, bien entendu l'ouvrage de M. Barret.

Voici du reste le détail des recettes et des dépenses :

RECETTES :		DÉPENSES :	
Eu caisse au 1 ^{er} nov. 1874....	3,781 67	Livres et abonnements	881 78
Droits d'admissions.....	1,450 »	Reliures.....	273 50
Subventions.....	1,950 »	Frais de bureau.....	314 45
Cotisations	6,900 »	Affranchissements	621 70
Membres associés.....	620 »	Personnel	2,380 20
Cartes payantes.....	190 »	Loyer et impôt.....	2,332 80
Vente de Bulletins.....	87 »	Installation.....	2,869 »
A recouvrer.....	980 »	Entretien	658 98
		Imprimés.....	2,621 50
TOTAL.....	15,958 67	TOTAL.	12,953 91
Excédant.....		Fr. 3.004 76	

Les quotités à recouvrer l'année dernière sont entièrement rentrées sauf 40 francs appliqués prématurément à deux cartes payantes, et nous avons tout lieu de croire qu'il en sera de même cette année.

Vous voyez donc, Messieurs, que grâce au concours de dix-huit Sociétés ou maisons de commerce, qui ont bien voulu nous continuer ou nous accorder leur subvention, nous avons pu équilibrer notre budget, achever de payer nos frais d'installation et augmenter notablement notre bibliothèque, qui contient maintenant 611 volumes presque tous reliés.

Devons-nous considérer maintenant notre tâche comme finie ? non Messieurs ; si nous nous arrêtons nous mourrions bien vite.

Il s'agit de donner plus de vitalité à nos diverses sections qui , à peine constituées , n'ont pas encore donné tout ce qu'elles pouvaient.

Il nous faut augmenter le nombre de nos membres , stimuler le zèle de nos correspondants et augmenter l'importance de nos relations avec l'étranger , ce qui est le seul moyen de nous tenir au courant des progrès incessants de la science.

Mais pour tout cela , il faut constamment puiser au budget , pour acheter ou relier des livres , publier des rapports , et enfin classer et loger tous ces documents.

Nous avons donc besoin d'accroître sans cesse nos recettes et d'appeler par nos travaux , l'intérêt et le concours de ceux qui nous entourent.

Le Secrétaire,

D. STAPFER.

MARSEILLE , Décembre 1875.

RAPPORT

du Commissaire nommé pour la vérification des comptes du Trésorier.

MESSIEURS ,

J'ai examiné les livres et les pièces comptables se rapportant à la gestion financière de la Société.

Du 1 ^{er} novembre 1874 au 1 ^{er} novembre 1875 , les recettes se sont élevées à	F. 14.975 67
les dépenses à	12.953 91

Solde en caisse au 1 ^{er} novembre	F. 2.024 76
---	-------------

Il restait à recouvrer à cette époque fr. 980 de cotisations.

J'ai trouvé les comptes régulièrement tenus , mais je regrette que chaque compte soit soldé chaque année.

La Société n'a pas de compte capital, et l'actif de la Société n'est représenté sur ses livres que par le solde de caisse et de cotisations arriérées.

Il serait bon d'inventorier la bibliothèque, le mobilier, l'installation : chaque année on reporterait à cet inventaire le solde de ces trois comptes, qui sont régulièrement tenus, et on déduirait un amortissement convenable.

Cela me semble tellement nécessaire qu'il me semble superflu d'insister d'avantage.

MARSEILLE, le 8 Décembre 1875.

ED. RARTHELET.

NÉCROLOGIE

Louis-Achille RAINOUARD, naquit à Valensole (Basses-Alpes), le 20 décembre 1828.

Il entra, après une jeunesse malade, au collège d'Arles, où se trouvait alors sa famille, il y termina ses études; mais son âge un peu avancé et sa santé toujours délicate, ne lui permirent pas d'entrer à l'École Polytechnique, le rêve de son ambition. Dès lors, il se livra à l'étude des mathématiques et de l'architecture pour laquelle il avait un goût très prononcé.

Ses études terminées, il s'associa avec un de ses amis, ingénieur civil, pour le projet de la création d'un canal à Caderousse, près Orange, qui n'eut pas son exécution.

Il entra alors à la Préfecture du département de Vaucluse, en qualité d'agent-voyer où il resta quelques années.

Il abandonna cette carrière pour entrer comme dessinateur à la Mairie de Marseille où sa famille était venue se fixer; mais désireux de se créer une position indépendante, il laissa de nouveau cet emploi pour parvenir au but de ses rêves, la position d'ingénieur civil.

En cette qualité, il se livra aux expertises et aux constructions. Il concourut au projet des halles centrales, et sur la demande de son

parent, Monsieur de Valavieille, préfet du département de l'Hérault, il étudiait un projet de percement de rues à travers la ville vieille de Montpellier, lorsque la mort est venue le frapper.

Il est mort à l'âge de 48 ans, emportant les regrets de sa famille et de ses amis.

M. F.

Né en 1843, René OLIVIER avait été élevé dans un milieu industriel, puisque son père était le chef de la maison Perret et Olivier, qui a donné un si grand développement à la fabrication de l'acide sulfurique, et que son grand père G.-B. Simonet a été le fondateur de l'industrie de la mousseline, qui a fait la richesse de Tarare.

Sorti de l'École Centrale des arts et manufactures en 1866, avec le diplôme d'ingénieur, il venait de rejoindre son frère à l'usine de Marennes. Lorsque le 9 mai 1870, il l'aida à sauver, avec une chaloupe à vapeur, un bateau pêcheur monté par 4 hommes qui se trouvait en perdition dans le pertuis de Maumasson entre l'île d'Oléron et le continent. Cette brillante conduite lui valut la médaille de sauvetage.

Enlevé à sa jeune famille et à ses nombreux amis, au début d'une carrière pleine d'avenir, il a laissé, partout autour de lui, le souvenir d'un cœur plein de bonté et de dévouement.

D. S.

Ouvrages reçus pendant le 4^{me} trimestre 1875 (Échanges)

De l'Association Scientifique de France :

Les n^{os} 413 à 425 de son Bulletin ;

de l'Association des anciens élèves de l'École Centrale :

Ses Bulletins d'octobre et novembre 1875 ;

de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France :

Ses bulletins de 1873, 1874, 1875 ;

de la Société Industrielle de Mulhouse :

Ses Comptes-Rendus d'octobre et novembre et ses bulletins de juillet, août et septembre 1875 ;

de la Société Industrielle du nord de la France :

Ses Comptes-Rendus d'octobre et novembre 1875 ;

de la Société Industrielle de Rouen :

Son bulletin du 3^me trimestre 1875 ;

de la Société Industrielle de Verviers ;

Son Bulletin n° 1 de 1875 ;

de la Société des Ingénieurs civils de Paris :

Ses Comptes-Rendus d'octobre et novembre et ses Mémoires
d'avril, mai et juin 1875 ;

de la Société des Ingénieurs civils de Londres :

Son Bulletin n° 42 de 1875 ;

de la Société des Ingénieurs mécaniciens de Birmingham :

Ses Bulletins de 1872 à 1875 ;

de la Société des Ingénieurs électriciens de Londres :

Son Bulletin n° 10 de 1875 ;

de la Société des anciens élèves des Écoles d'Arts-et-Métiers .

Ses Bulletins d'août, septembre et octobre 1875 ;

de la Société des sciences, lettres et arts du Hainaut :

Ses mémoires de 1875 ;

de la Société de Géographie de Paris :

Ses Bulletins de septembre, octobre et novembre 1875 ;

de la Société Vaudoise des sciences naturelles de Lausanne :

Son Bulletin n° 74 de 1875 ;

de la Société française de photographie :

Ses Bulletins d'octobre et novembre 1875 ;

de la Société centrale des Architectes :

Son Annuaire de 1874 ;

de la Société d'Agriculture de Marseille :

Ses Bulletins de juillet et août 1875 ;

de l'Union des Charbonnages de Liège :

Les n° 8, 9 et 10 de son Bulletin ;

du Musée de l'Industrie de Belgique :

Ses Bulletins d'octobre et novembre 1875 ;

de la Revue Maritime et Coloniale :

Ses numéros d'octobre, novembre et décembre 1875 ;

de la Revue Universelle des Mines, de Ch. de Cuyper :

Son numéro de juillet et août 1875 ;

des Annales du Génie civil :

Ses numéros d'octobre, novembre et décembre 1875 ;

de la Réforme économique :

Ses n^{os} d'octobre, novembre et décembre 1875 ;

de l'Économiste Français :

Ses numéros du 4^{me} trimestre 1875 ;

des Annales Industrielles :

Ses numéros du 4^{me} trimestre 1875 ;

de la Revue Industrielle :

Ses numéros du 4^{me} trimestre 1875 ;

du journal Iron de Londres ;

Ses numéros du 4^{me} trimestre 1875 ;

du Moniteur des produits chimiques :

Ses numéros du 4^{me} trimestre 1875 ;

La Société a reçu pendant le trimestre :

de M. BIVER :

The colliery guardian, année 1874 ;

de M. FAVRE :

Mémoire sur la transformation et l'équivalence des forces chimiques ;

de M. l'abbé Aoust :

Des courbes quelconques conjuguées ;

de M. G. CANTONI, de Milan :

Meteorologia applicata all'agricoltura ;

de M. VIOLLE, de Grenoble :

Une expédition au Mont-Blanc ;

de M. LUGAND :

Essais d'amélioration de la culture de la Garance, par MM. Besse et Rieu ;

Trois bulletins de la Société d'Agriculture et d'Horticulture de Vaucluse ;

de M. CHEVRET ;

10 numéros de la Métallurgie.

Liste des membres reçus pendant le 4^{me} trimestre 1875.

Fondateurs : MM. RABATTU *, entrepreneur de travaux publics.

» MONTAGNE, Jean, fondeur.

» LASCARIDI, Aristide, négociant.

» DUCLOS, Eugène, fabricant de produits chimiques.

L'un des Secrétaires, gérant :

F. ROUFFIO.

embre. // Décembre.

ille. — 4^{ème} Tris

limètres.

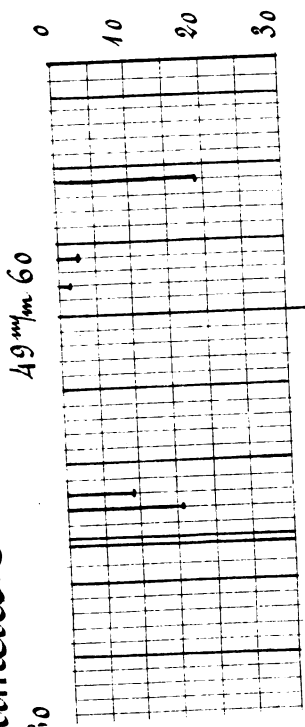


TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

	Pag.
Acier comprimé à l'état fluide, par Sir Withword Bart.....	190
Aménagement des Ports de Commerce, par M. Barret.....	130
Analyse des huiles, par M. Croullebois.....	68 et 104
Anthracène et alizarine artificielle, par M. Marquisan....	64, 66 et 74
Appareil respiratoire, par M. Sérment.....	128
Catalogue de la Bibliothèque.....	5
Chaudières à disque, par M. Lugand.....	47
Donateurs de 1875.....	73
Essai des huiles de Sésames, par M. J. Roux.....	125
Étude analytique sur les machines à vapeur, par M. Lattès.....	198
Four Pernot, par M. Pétin.....	61
Machines de traction à vapeur sur les routes ordinaires, par M. de Retz.....	23 et 59
Machines d'épuisement des mines, par M. Villot.....	66
Machines d'épuisement à tiges hydrauliques, (Traduction).....	240
Membres de la Société au 31 décembre 1875.....	15
— reçus pendant l'année 1875.....	72, 136, 189 et 255
Minerai plombifère, par M. Reynès.....	125
Moteurs à air et locomotives sans feu, par M. Stapfer.....	115 et 184
Outils à travailler la pierre, par M. Biver..	185
Perte dans un câble sous-marin, par M. Lacoine.....	108 et 130
Phylloxéras, par M. E. Barthelet.....	177
Planchers en fer, par M. Richaud.....	193
Publications reçues ou échangées en 1875.....	69, 133, 187 et 252
Rapport de la Section d'architecture sur les briques en laitiers, par M. Cahier.....	114 et 174
Rapport de la Section de mécanique sur les chaudières à disque, par M. Barret.....	122
Rapport de la Section de chimie sur le procédé d'essai des huiles de M. Massie, par M. Laugier.....	234
Rapport sur la comptabilité de 1875, par M. Barthelet.....	251

	Pag.
Rapport du Bureau pour 1875, par M. Stapfer.....	248
Saponification sous pression, par M. Lugand.....	174
Sulfocarbonates de potasse, par M. A. Julien.....	175
Siphon Recorder de Sir W ^m Thomson, par M. Ternant	132 et 137
Traitement du minerai de fer au Japon, par M. D. Sévoz.....	52 et 59
Wheaston (Sir Charles) nécrologie, par M. Ternant	164

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES.

MÉCANIQUE.

	Pag
Machines de traction à vapeur sur les routes ordinaires, par M. de Retz	23, 46
Principes théoriques des chaudières à disques, par M. Lugand	47, 51
Rapport de la Section de mécanique sur la chaudière garnie de disques, système Lugand, par M. Barret.....	122, 123
Moteurs à air et locomotives sans feu, par M. D. Stapfer.....	154, 163
Étude analytique sur les machines à vapeur, par M. E. Lattès.	198, 233

CHIMIE INDUSTRIELLE.

L'anthracène et l'alizarine artificielle. par M. Marquisan.....	74, 103
Essai d'une nouvelle méthode d'analyse des huiles, par M. Croullebois.....	104, 107
Rapport de la Section de chimie sur le procédé d'essai des huiles de M. Massie, par M. Laugier.....	234, 238

MINÉRALOGIE

Traitement du minerai de fer au Japon, par M. D. Sévoz.....	52, 58
L'acier comprimé à l'état fluide, par Sir J. Withworth	190, 192

PHYSIQUE.

Nouvelle méthode pour la détermination d'une perte dans un câble sous-marin, par M. Lacoine.....	108, 112
Rapport de la Commission chargée de faire des essais sur la résistance à l'écrasement des briques en laitiers, par M. Cahier	114, 121
Le syphon enregistreur ou syphon recorder de Sir W ^m Thomson, par M. Ternant.....	137, 154

ARCHITECTURE.

Planchers en fer, nouveau système de moisage et de hourdage, par M. J. Richaud.....	193, 197
---	----------

AGRICULTURE

Le phylloxéras, par M. Ed. Barthelet.....	177, 184
---	----------

NÉCROLOGIE.

	Pag.
Sir Charles Wheastone, par M. Ternant.....	164, 172

COMPTES-RENDUS.

Séance mensuelle du 14 janvier 1875 :

Note de M. Sévoz sur le traitement des minerais au Japon.....	59
Communication de M. de Retz sur les locomotives routières.....	60

Séance mensuelle du 11 février 1875 :

Communication de M. Pétin sur le four Pernot.....	61
Communication de M. Marquisan sur l'alizarine artificielle.....	64

Séance mensuelle du 11 mars 1875 :

Communication de M. Marquisan sur l'alizarine artificielle, (suite).. <td>66</td>	66
Communication de M. Villot sur l'essai d'une machine d'épuisement à cylindres Compoundtd>66	
Communication de M. Croullebois sur un essai d'une nouvelle méthode physique pour l'analyse des huiles.....td>67	

Séance mensuelle du 8 avril 1875 :

Communication de M. Dieulafait sur un nouveau procédé d'analyse des huiles d'olive.....	124
Communication de M. Reynès sur un minerai plombifère.....	125
Communication de M. J. Roux sur un nouveau système d'analyse des huiles de sésames.....	125

Séance mensuelle du 13 mai 1875 :

Communication de M. Serment sur un appareil respiratoire.....	128
Note de M. Barret sur l'aménagement des ports de commerce	130

Séance mensuelle du 10 juin 1875 :

Note de M. Lacoine sur la manière de reconnaître une faute dans les câbles télégraphiques.....	130
Communication de M. Ternant sur l'enregistreur à syphon des dépê- ches marines.....	132

Séance mensuelle du 10 juillet 1875 :

Rapport de la Section d'architecture.....	173
Rapport de la Section mécanique.....	174
Communication de M. Lugand sur la saponification sous pression..	175

Séance mensuelle du 12 août 1875 :

	Pag.
Communication de M. A. Julien sur les sulfocarbonates de potasse.	475
Communication de M. E. Barthelet sur le phylloxéras.....	477
Communication de M. Stapfer sur les locomotives à air comprimé sans feu.....	484

Séance mensuelle du 9 septembre 1875 :

Communication de M. Biver sur les outils à travailler la pierre....	485
---	-----

Séance mensuelle du 14 octobre 1875 :

Note de M. Richaud sur la construction des planchers en fer.....	239
Machines d'épuisement à tiges hydrauliques, (traduction).....	240

Séance mensuelle du 11 novembre 1875 :

Communication de M. Thièblemont sur l'utilisation des laitiers....	240
Communication de M. E. Lattès sur la détente de la vapeur.....	242
Dépôt des comptes du Trésorier.....	243

Séance mensuelle du 9 décembre 1875 :

Lecture des rapports du Trésorier et du Bureau.....	244
Communication de M. E. Lattès sur la détente de la vapeur (suite) .	245
Nomination du Bureau pour 1876	248
Nécrologie	252

ADMISSION DES MEMBRES.

Liste des Membres de la Société au 31 mars 1876.....	45
Membres reçus pendant le 1 ^{er} trimestre 1875	72
» » » 2 ^e » »	136
» » » 3 ^e » »	189
» » » 4 ^e » »	256

OUVRAGES REÇUS EN DON OU EN ÉCHANGE.

Ouvrages reçus pendant le 1 ^{er} trimestre 1875	69, 72
» » » 2 ^e » »	133, 136
» » » 3 ^e » »	187, 189
» » » 4 ^e » »	253

FIN DE LA TABLE ANALYTIQUE.



